

# La literatura de Julio Verne como recurso didáctico para la enseñanza de la Geología en Bachiller

---



Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria

Especialidad de Biología y Geología. Curso 2016-2017

Autora: Maria Artaza Irigaray

Tutor: Íñigo Abdón Virto Quecedo

“Toda reflexión artística o literaria suficientemente profunda es indistinguible de la  
interrogación científica.”

Gustavo Ariel Schwartz. Científico, escritor y humanista.

## Indice

---

1. Introducción y justificación.....	4
1.1. Marco psicopedagógico.....	5
2. Ciencia y literatura: desde Verne hasta la actualidad.....	7
2.1. Dos disciplinas sentenciadas a unirse.....	7
2.2. Historia de la Geología.....	9
3. La obra: <i>Voyage au centre de la Terre</i> .....	11
4. La geología en segundo de Bachillerato.....	12
5. La propuesta didáctica.....	15
5.1. Justificación.....	15
5.2. Objetivos y contenidos.....	17
5.3. Secuencia de la propuesta.....	17
5.4. Desarrollo de actividades.....	22
5.4.1. Actividad 1. Errores conceptuales, errores históricos: la estructura de la tierra.....	22
5.4.2. Actividad 2. Riesgos naturales: los volcanes.....	25
5.4.3. Actividad 3. ABP. Datación absoluta: los fósiles guía.....	28
5.4.4 Actividad 4. Recursos naturales de hoy y de ayer: el carbón.....	32
6. Aspectos transversales.....	35
6.1. Primera lengua extranjera: Francés.....	35
7. Consideraciones finales.....	36
Bibliografía.....	38

## Anexos

## **1. Introducción y justificación**

En este trabajo se plantea una propuesta teórica sobre el uso de una obra de Julio Verne (1828 – 1905) para la enseñanza de ciertos contenidos de la asignatura “Geología” de Segundo de Bachillerato. El planteamiento del trabajo está pensado para poder ser aplicado en el aula, ya que se han tenido en cuenta todos los aspectos de temporización, curriculum, estrategias, técnicas de enseñanza, etc. en la programación. Las razones para este trabajo son variadas y nacen tanto de ciertas necesidades observadas en el aula durante el desarrollo del Practicum II, como de la simple motivación por proponer diferentes metodologías innovadoras, y descubrir el alcance de su potencial didáctico.

Los motivos pueden resumirse en los siguientes puntos:

En primer lugar, se intentan atajar ciertos problemas que se perciben actualmente en las aulas, y que provienen de **errores conceptuales** arraigados en el alumnado, y de dificultades para comprender conceptos complejos. En Ciencia, y especialmente en niveles de Bachillerato, existen numerosos procesos naturales cuya explicación escapa a la simple observación (ya sea porque son fenómenos difícilmente observables, o incluso porque su interpretación es contraintuitiva u opuesta al sentido común). Por ello, se encuentran en el alumnado una serie de ideas alternativas o errores conceptuales muy arraigadas que persisten a lo largo del tiempo y que son difíciles de reemplazar por las teorías correctas. Por ello y en particular en relación a la presencia de estos errores en las asignaturas relacionadas con las Ciencias de la Tierra como la Geología, se propondrá usar la obra de Julio Verne para atajar algunos de esos errores ya catalogados, proponiendo también discernir los “delirios” vernianos de los conceptos científicos correctos que aparecen en el libro.

Otra de las razones básicas por las que he decidido plantear este trabajo, y quizás la más importante, ha sido la de buscar despertar el **interés del alumnado** a través de metodologías alternativas y atractivas como es la lectura de una novela clásica de aventuras: resulta complicado que la expedición de nuestros héroes al centro de la tierra aburran al alumno. La motivación y la implicación del alumnado,

resultan absolutamente necesarias en el proceso de aprendizaje. Las experiencias educativas que marcan al alumnado y que despiertan en él emociones como en este caso la diversión o la curiosidad, son las que posteriormente forman parte de un aprendizaje significativo y que se recuerdan a largo plazo. Diversión y aprendizaje no están reñidos y de hecho pueden ser grandes aliados, que causan efectos sinérgicos.

Por último, la **transversalidad** del trabajo, que puede incorporarse a una propuesta conjunta entre la asignatura marco (Geología) y la asignatura de Francés (primera lengua extranjera) añade un plus al total de la propuesta, ya que se demuestra que no es necesario trabajar independientemente cada una de las asignaturas, sino que se puede abordar la asignatura de Geología, con un recurso didáctico que da pie a trabajar al mismo tiempo diversos aspectos lingüísticos del francés.

### **1.1. Marco psicopedagógico**

Este trabajo está pensado para alumnos de segundo de Bachillerato, de entre 17 y 18 años. Desde un punto de vista psicopedagógico nos encontramos con que estos estudiantes se encuentran en una época de transición, a punto de salir ya de la etapa adolescente y de entrar en la vida adulta, donde van a tener que plantearse si continuar con sus estudios superiores o incorporarse ya a la vida laboral adulta.

Como afirmaba Piaget (1896 – 1980), esta etapa supone un momento de profundas transformaciones cognitivas, emocionales y sociales que van a tener su repercusión en el aula. Anteriormente, los alumnos han experimentado como su pensamiento formal ha ido desarrollándose, permitiendo un razonamiento más complejo, enfocar los problemas que se les proponen y razonarlos. Encontramos por lo tanto, que los estudiantes son capaces de formular hipótesis, ponerlas a prueba e interpretar los resultados obtenidos, algo que va a ser básico para la buena ejecución de esta propuesta en el aula.

La psicóloga Anita Woolfolk (1947) entendía el aprendizaje como "un cambio relativamente permanente en el conocimiento o en la conducta producido por la

experiencia". Según Robert Glaser (1921 – 2012), el aprendizaje es un proceso constructivo; es decir, va más allá de la adquisición y posterior recuperación de conocimiento en la memoria, como sugerían las teorías cognitivas anteriores, para establecer que el aprendizaje es la construcción de conocimiento, interpretando y o transformando los materiales que el docente aporta en el aula.

La psicología cognitiva moderna ha demostrado que una de las características de la memoria humana es su estructura asociativa. De esta manera, Morales y Landa afirmaban que "El conocimiento está estructurado en redes de conceptos relacionados, llamadas redes semánticas". Un aprendizaje significativo, es decir, un aprendizaje en el que el alumno construya su propio conocimiento, deberá tener en cuenta la naturaleza de los materiales y su estructuración lógica para que el alumno pueda relacionarlos con los conocimientos que ha adquirido previamente y tiene almacenados en su estructura cognitiva. De ahí el interés de relacionar los conceptos que se van explicando con "experiencias" en este caso literarias y de las aventuras de los personajes.

Es por esto que a la hora de plantear este trabajo en el aula voy a dar importancia a aportar al alumno un contexto organizado y estructurado a través de la novela, para que posteriormente pueda relacionarlo con los resultados de aprendizaje. En otras palabras, pretendo aportar al alumnado lo que Ausubel denominaba en 1978 "conceptos inclusores" que organicen previamente la información nueva que va a adquirir a partir de las vivencias de los personajes y ayuden a afianzarla.

Por último, en el proceso de aprendizaje hay que prestar atención al proceso cognitivo denominado metacognición, que se refiere a la adquisición de instrumentos y estrategias para lograr, con éxito, la adquisición de un aprendizaje significativo. Es lo que los pedagogos denominan *aprender a aprender*.

Respecto a esto, Morales y Landa (2004) dicen: *Las habilidades metacognitivas involucran la capacidad de monitorear la propia conducta de aprendizaje, esto implica estar enterado de la manera cómo se analizan los problemas y de si los resultados obtenidos tienen sentido. Un aprendiz experto constantemente juzga la dificultad de*

*los problemas y evalúa su progreso en la resolución de los mismos. Burnnig y colaboradores (1995) proponen varias estrategias de enseñanza que son útiles para desarrollar la metacognición: motivar a los estudiantes a involucrarse profundamente en el proceso; enfocarse en la comprensión en vez de la memorización superficial; promover la elaboración de nuevas ideas; ayudar a los estudiantes a plantearse preguntas que puedan ellos mismos responderse durante la resolución del problema.*

## **2. Ciencia y literatura: Desde Verne hasta la actualidad**

### **2.1. Dos disciplinas divergentes condenadas a unirse en Verne**

A priori, “ciencia” y “literatura” son dos palabras que tendemos a dividir en dos compartimentos totalmente diferentes de nuestra organización intuitiva de las disciplinas clásicas. Este hecho viene alimentado en gran medida por la costumbre de separar estas dos disciplinas y cerrarlas herméticamente desde las más tempranas edades en las que se imparten como asignaturas escolares no relacionadas. Pero la realidad es que es muy significativa la cantidad de obras literarias concretas que asumen los asuntos científicos como la materia fundamental para la creación de las mismas. Así pues, textos literarios de diversos géneros pueden ser entendidos como *literatura científica* (Mogollon, 2014).

Un ejemplo emblemático y mundialmente conocido de creación de este tipo de literatura, fue Julio Verne, escritor francés del siglo XIX (1828-1905), abogado de estudios, pero considerado uno de los padres del género literario de la ciencia ficción. Se le tiene en gran consideración dentro de la literatura científica, por los aportes vanguardistas y visionarios de sus novelas así como por lo escrupulosamente documentadas que están, enmarcando siempre sus fantasías y delirios, de un rigor científico poco común en el género. De hecho, fue condecorado con la Legión de Honor por sus aportes a la Educación y a la Ciencia. Por tanto, etiquetar la novela de Verne de científica no es un acto descabellado; utiliza una estrategia investigadora con una metodología que deja patente su voluntad divulgativa. Según las palabras del

propio autor, su proyecto literario global es “escribir la novela de la ciencia, tender un puente entre la ciencia y la literatura” (Salabert, 1985). Es aquí donde sale a colación la magnífica simbiosis que pueden formar estos dos campos aparentemente tan lejanos el uno del otro, y el potencial de las obras literarias a la hora de aprender ciencia.

Mucho se ha hablado del carácter visionario del autor, que en ocasiones llegó a predecir el futuro. Como ejemplo, en 1969, en el momento de la conquista de la luna, la prensa mundial insistió en el hecho de que Julio Verne ya había predicho ese acontecimiento. Otras novelas célebres (*De la terre à la lune*, *Autour de la lune*, *Vingt mille lieues sous les mers*, *Robur-le-conquérant*, *Maître du monde*) contienen elementos futuristas como máquinas, conquista del espacio y del mundo submarino, llegando el propio autor a afirmar de una de sus novelas que “*Robur* es la ciencia del futuro”

¿Pero tienen realmente una **transcendencia científica** los mundos imaginativos de Verne? El propio autor da respuesta a esta cuestión fundamental en una entrevista publicada en 1902 en el periódico The Pittsburgh Gazette:

*“Los libros en los que he insertado profecías sobre los descubrimientos más recientes de la ciencia no han sido, en realidad, más que medios tendentes a un fin. Le sorprenderá quizás saber que no me enorgullece particularmente haber escrito sobre el automóvil, el submarino, el dirigible, antes de que entraran en el dominio de las realidades científicas. Cuando he hablado de ellos en mis libros como de cosas reales, ya estaban inventados a medias. Yo me limité simplemente a realizar una ficción de lo que debía convertirse después en un hecho, y mi objetivo al proceder así no era el de profetizar, sino el de extender el conocimiento de la ciencia entre la juventud, revistiéndola de la manera más atractiva posible. Cada hecho geográfico y científico contenido en cualquiera de mis libros ha sido examinado con mucho cuidado y es escrupulosamente exacto”.*

¿Pero de dónde viene ese afán divulgativo, y esa casi adoración de Verne hacia la “diosa ciencia” que articula sus novelas? Del particular contexto histórico en el que se enmarca su carrera. En los tiempos de Julio Verne, el progreso era la ideología que



movía el siglo; se pensaba que la ciencia podía domar a la naturaleza, llevar a la humanidad hacia un paraíso material y realizar prodigios. Era el eje que articulaba la visión occidental del mundo, y por lo tanto, la literatura se empapó de ese espíritu del progreso. La evolución de la ciencia estaba en pleno auge, y ese florecimiento trajo grandes avances tecnológicos, que fueron en parte causantes de que estallara la primera guerra mundial, dando lugar a un parón en esa prosperidad científico-tecnológica.

Muchas cosas han cambiado desde entonces, y hoy en día, la obra de Julio Verne es indudablemente apreciada por los científicos debido a su carácter divulgativo, pero también criticada por sus errores e imprecisiones. Un siglo después, seguimos impactados por la pertinencia de ciertas de sus anticipaciones y por la ingenuidad de otras: previsiones impactantes lindan con errores garrafales.

## **2.2. Historia de la Geología**

La Geología desde antes de Verne hasta nuestros días ha sufrido cambios muy significativos, siendo interesante aclarar unas pinceladas básicas sobre la **historia de esta Ciencia**, para situarnos en los tiempos del escritor y de sus novelas.

Se considera a James Hutton (1726 – 1797) como el primer geólogo moderno: en **1785** presentó una teoría que aseguraba que la tierra era mucho más antigua de lo que se pensaba hasta entonces, ya que las montañas debían de haberse erosionado y dado lugar a nuevas rocas sedimentarias en el fondo del mar que más tarde aflorasen de nuevo. Los “neptunistas” defendían que todas las rocas se habían formado en el interior de un gran océano que disminuyó con el tiempo, mientras los plutonistas como Hutton sostenían que fue por deposición de lava de los volcanes.

En **1830**, gracias la obra de Charles Lyell (1767 – 1849), el uniformismo que ya apoyaba Hutton en su tiempo, tomó fuerza: a diferencia del catastrofismo, esta teoría defendía que los procesos geológicos que han ocurrido a lo largo de la historia de la tierra son los mismos que se están produciendo en la actualidad.

Dilucidar la edad exacta de la tierra fue una cuestión que acaparó la Geología del **siglo XIX**, el siglo de Verne, ya que las estimaciones variaban enormemente. Pero ninguna de ellas se acercaba a lo que hoy sabemos: que la tierra tiene aproximadamente 4500 millones de años. En efecto, en aquel siglo carecían aún del conocimiento de la datación radiométrica, para determinar la edad absoluta de rocas, minerales y restos orgánico. Fue en 1905 cuando Rutherford inventó este método basado en la desintegración de isótopos radiactivos, que varias décadas más tarde permitiría acercarse a las estimaciones actuales de la edad de la tierra.

Fue durante este siglo XIX, y gracias en gran medida a la creciente mejora de las técnicas e instrumentos de la segunda mitad de siglo que evolucionan las teorías geológicas. A principio de siglo la geología está en auge: aumenta la elaboración de cartografía cada vez más precisa, progresan los cortes estratigráficos y análisis petrológicos, etc.

En el **siglo XX**, a parte del ya mencionado refinamiento de la estimación de la edad de la tierra, el principal avance de la geología provino de la formulación de la teoría de la tectónica de placas, en la década de los 60. Esta teoría surgida de la observación de los fenómenos de la deriva continental y de la expansión del fondo oceánico revolucionó la geología.

En lo que a la estructura interna de la tierra se refiere, fue tras la muerte de Julio Verne, a lo largo del siglo XX, cuando la tomografía sísmica ganó en precisión y permitió definir las capas de la tierra (discontinuidades de Mohorovic en 1909 y Gutenberg en 1912), llegando a un consenso de densidades y temperaturas, sin necesidad de exploración física. Esto choca con la teoría de Humphry Davy (1778 – 1829), sobre la que se desarrolla la novela, y según la cual el centro de la tierra estaría frío y líquido.

### **3. La obra: Voyage au centre de la terre.**

*Viaje al centro de la tierra* es una novela de aventuras escrita por Julio Verne en 1864. Para esta propuesta didáctica, se ha utilizado una reproducción del texto integral de la edición original de la novela en francés (Bibliothèque d'éducation et de récreation, J. Hetzel Éditeur, Paris, 1867), editado por Librairie Générale Française (Le Livre de Poche), en 2015 (ver referencias). El relato narra el descubrimiento de un manuscrito rúnico antiguo por un geólogo y naturalista alemán, profesor de mineralogía, Otto Lidenbrock, que junto con su sobrino Axel y un guía, emprenden un viaje hacia el centro de la tierra, entrando por un volcán islandés inactivo, el Sneffels. La novela es una hábil mezcla de datos científicos, de osadas extrapolaciones y de aventura, que refleja desde el inicio el entusiasmo de la época por una ciencia aún joven, pero en plena evolución. Desde que se adentran en el volcán islandés, hasta que salen por uno de los cráteres del Estrómboli, en Sicilia, numerosas aventuras se suceden, siendo todas ellas interpretadas científicamente por los personajes y anotadas con precisión en un “cuaderno de campo” por el profesor: descensos por chimeneas, laberintos de cuevas y pasadizos, manantiales hirviendo de aguas ferruginosas, minas de carbón, animales antediluvianos, tormentas en océanos subterráneos, lavas ardientes, y muchas otras sorprendentes aventuras, que les hacen estar al borde de la muerte en varias ocasiones.

La selección de la novela como recurso principal del presente trabajo, no es azarosa. En efecto, *Viaje al centro de la Tierra* se considera la novela de Julio Verne más adaptada al estudio de la Tierra. Aunque incluye conocimientos de Biología, Física e incluso Química, casi la totalidad de la obra está centrada en dar explicación a los procesos que dieron lugar a la formación del planeta. Por la extensa información en Geología que comporta, constituye un recurso más que valioso para utilizar en la enseñanza de esta ciencia a diferentes niveles académicos. Hemos descartado otras obras, por su mayor focalización en otras disciplinas científicas: *Cinco semanas en globo* sería por ejemplo un buen recurso para estudiar la geomorfología, la botánica, la

fauna y el funcionamiento de las capas bajas de la atmósfera y por tanto el clima; *Veinte mil leguas de viaje submarino* una novela excelente para conocer los océanos y el mundo submarino; *De la tierra a la luna* un valioso recurso para conocer el espacio, etc.

Este clásico de la ciencia ficción, puede resultar muy interesante a la hora de trabajar con los alumnos de bachillerato ya que es una novela muy amena y cuyos textos permiten abordar conceptos de geología marcados en el *currículum* oficial, así como analizar los errores científicos que aparecen a lo largo del relato.

Si alguien aún duda del potencial didáctico de *Viaje al centro de la tierra*, hago notar que en numerosos pasajes, y dando testimonio de la voluntad de Verne de escribir novelas con fines divulgativos, el propio Axel personifica al alumno aprendiendo, haciendo preguntas y planteando dudas ante un volcado profesor encarnado por Lidenbrock que proporciona las explicaciones pertinentes con sumo detalle. Muchas de las conversaciones que mantienen bien podrían ser diálogos que se dieran en un aula entre el profesor y sus alumnos. Por ejemplo, hacia el final de la novela, cuando se encuentran en el “mar interno” de la Tierra, el profesor explica a Axel en qué lugar exacto se encuentran y cómo ha llegado a esa conclusión. Es indudablemente una discusión de carácter didáctico, como las muchas que se producen a lo largo de toda la novela (ver *Anexo 1* en francés y *Anexo 2* en castellano para la transcripción).

#### **4. La Geología en Segundo de Bachillerato**

La Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), aprobada mediante el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre establece el currículo básico de bachillerato, configurado finalmente para la Comunidad Foral de Navarra mediante el Decreto Foral 25/2015, de 22 de Abril. En este se establece que la materia de Biología y Geología debe contribuir durante la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) a que el alumnado adquiera unos

conocimientos y destrezas básicas que le permitan llegar a tener una cultura científica. Lo cierto es que durante la ESO, esta asignatura troncal que debe establecer las bases de una correcta alfabetización científica del alumnado en el campo de las ciencias naturales, marginaliza la geología, relegándola más o menos a un tercio de los bloques curriculares. Experiencias vividas por compañeros durante el Practicum II, nos hacen pensar que se tiende a dedicarle incluso menos de un tercio del tiempo total de la asignatura.

En primero de Bachillerato, en la asignatura Biología y Geología, la parte dedicada a la geología toma como hilo conductor la teoría de la tectónica de placas. A partir de ella se hace énfasis en la composición, estructura y dinámica del interior terrestre, para continuar con el análisis de los movimientos de las placas y sus consecuencias: expansión oceánica, relieve terrestre, magmatismo, riesgos geológicos, entre otros y finalizar con el estudio de la geología externa.

En Segundo de Bachillerato, la asignatura de Geología pretende ampliar, afianzar y profundizar en los conocimientos geológicos y competencias que se han ido adquiriendo y trabajando en la ESO y en la materia de Biología y Geología en 1.º de Bachillerato. La materia contribuye a que el estudiante formalice y sistematice la construcción de conceptos a través de la búsqueda de interrelación entre ellos y, muy especialmente, a su uso práctico. Esto le permitirá conocer y comprender el funcionamiento de la Tierra y los acontecimientos y procesos geológicos que ocurren para, en muchos casos, poder intervenir en la mejora de las condiciones de vida. La materia fomenta la observación y la curiosidad, facetas que serán muy importantes para todos aquellos que deseen realizar estudios posteriores y que complementan su formación como individuo en una sociedad cambiante y dinámica, dominada por las nuevas tecnologías que tanta aplicación tienen en los distintos campos que abarca la Geología. También aporta una flexibilidad de pensamiento que potencia la integración e interconexión de diversas disciplinas, ofreciendo al estudiante una visión global e integradora que posibilitará que pueda afrontar con éxito los retos que tendrá ante sí una vez terminado el Bachillerato.

Los bloques en que se divide la asignatura son los siguientes:

Bloque 1. El planeta tierra y su estudio

Bloque 2. Minerales, los componentes de las rocas

Bloque 3. Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Bloque 4. La tectónica de placas, una teoría global

Bloque 5. Procesos geológicos externos

Bloque 6. Tiempo geológico y geología histórica

Bloque 7. Riesgos geológicos

Bloque 8. Recursos minerales y energéticos. Aguas subterráneas

Bloque 9. Geología de España

Bloque 10. Geología de campo

(Para ver el contenido de la asignatura en detalle, ver Anexo 3)

Teniendo en cuenta la libertad de la que goza el docente a la hora de decidir de qué manera imparte los contenidos marcados por la ley, se ha decidido que en la elaboración de la propuesta didáctica, no se seguirá este orden, sino que se reorganizará la secuenciación de los contenidos en función de la novela de Julio Verne, dejando un bloque fuera de la propuesta. Más adelante se justifica el porqué de esta decisión.

## 5. La propuesta didáctica

### 5.1. Justificación

La idea de proponer vertebrar toda una asignatura con una novela clásica de aventuras, nace en primer lugar de la voluntad de buscar una solución al rechazo general que generan las asignaturas científicas con una carga en contenidos, que puede considerarse muy densa y aburrida por parte de los alumnos. La búsqueda de elementos motivadores en el aula se ha convertido en el principal objetivo del profesorado. Recursos, hasta ahora propios de la divulgación, se están introduciendo en el aula (Oliva y Matos, 2000). Es innegable que la curiosidad o el interés en la geología, que de alguna manera serían idóneos para el aprendizaje de la disciplina, se ven mermados o más bien condicionados por el inminente examen final de acceso a la Universidad, que supone una gran presión para el alumnado. Por lo tanto, en ningún momento debemos perder de vista el objetivo de cumplir con los estándares de aprendizaje evaluables en dicho examen. Esta premisa, no excluye la posibilidad de lograr ese aprendizaje siguiendo un camino más entretenido y que pretende despertar curiosidad y diversión. Así pues, se plantea impartir todos los contenidos curriculares (exceptuando el bloque 9 de contenidos), siguiendo la lectura de *Voyage au centre de la Terre*.

Entrando en la didáctica de la asignatura, se han tomado una serie de decisiones con respecto a la manera en la que se va a organizar la impartición de los bloques del currículo. Se han considerado dos opciones, opuestas: ambas presentan una serie de ventajas y obstáculos, que se han valorado a la hora de decidir finalmente cómo estructurar la docencia.

La primera consistiría en impartir la asignatura siguiendo el orden de los bloques de contenido marcados por la ley, y utilizando los pasajes de la novela pertinentes en cada uno de ellos, para ilustrar y explicar los conceptos en cuestión. Esta opción presenta una serie de virtudes, entre las que destaca la facilidad de seguir el temario tal cual viene definido en el currículo. Sin embargo, ha sido descartada, ya

que supondría perder una parte importante de la novela como recurso íntegro y estructurador.

La segunda opción, algo más complicada de realizar, pero que se ha considerado más interesante, consiste en utilizar la novela de Verne como base estructural de la asignatura. La lectura de *Voyage au centre de la Terre* se efectuaría paulatinamente a lo largo de todo el curso y a partir de los contenidos que fuesen despuntando en ella, se impartiría la teoría asociada. El mayor inconveniente reside en la necesidad de realizar una reorganización de los bloques de contenidos, para que coincidan con la cronología que marca la novela, pero teniendo en cuenta el escaso hilo conductor que presentan los bloques curriculares (ver apartado 4), parece una desventaja menor. Otro de los inconvenientes es que la novela no “explica” más que una pequeña parte de los contenidos marcados por la ley, por lo que ciertos fragmentos utilizados van a servir como simples elementos de arranque o detonadores del conocimiento, mientras que otros constituirán el elemento central de la propuesta de actividad didáctica. Los primeros van a ser utilizados como estimulantes de la curiosidad, como recurso que promueve un cuestionamiento, un planteamiento de problemas, que posteriormente serán tratados con recursos didácticos extraídos en su mayoría de los libros de texto.

**En cuanto a la principal ventaja de esta elección, radica en el propio hecho de lograr la motivación del alumno que nazca de su implicación en el desarrollo de la historia del profesor Lidenbrock y de Axel. Si la lectura de la novela no presentase una continuidad, se perdería la esencia de usar la literatura de Verne como fuente estimulante del aprendizaje. Se pretende que el alumnado se “enganche” a la lectura de la novela que vertebra la impartición de los diferentes bloques.**



## **5.2. Objetivos y contenidos**

Los objetivos de esta propuesta son configurar una metodología distinta a la simple transmisión lineal de conocimientos en la docencia de la asignatura Geología de 2º de Bachillerato, para alcanzar un aprendizaje significativo, al mismo tiempo que se logra una implicación por parte del alumnado en el desarrollo de la asignatura. A través de contenidos literarios, así como del libro de texto y de una variedad de recursos, se pretende lograr unos conocimientos integrales y una correcta alfabetización científica.

## **5.3. Secuencia de la propuesta**

La cronología y el desarrollo de la propuesta va a efectuarse de la siguiente manera: tras reorganizarlos en función del orden de aparición de la novela, los bloques de contenido se impartirán de manera teórica, viniendo a explicar y en ocasiones corregir la información geológica contenida en la novela. Así, a lo largo del curso lectivo, se irá leyendo la novela poco a poco, y parando tras cada pasaje que contenga información relativa a la geología que se estudia en 2º de Bachillerato, para impartir los contenidos teóricos correspondientes a ese pasaje.

Cómo particularidad en esta propuesta, se van a desarrollar en mayor medida 4 actividades en las que la novela cobrará una importancia singular (apartado 5.4.). Usando fragmentos del libro especialmente interesantes, (ya sea por su peculiar visión, su amplio desarrollo o su importancia en la novela), se propondrán actividades que supongan una más profunda comprensión y análisis de la novela, y la puesta en funcionamiento de procesos cognitivos más sofisticados de análisis, cuestionamiento y resolución.

La Tabla 1 recoge un resumen de la propuesta. En la primera columna se citan los pasajes del libro que se han identificado cómo interesantes para vertebrar el aprendizaje de contenidos. Estos pasajes se han incluido, en la versión original en francés, y en castellano, como anexos a este trabajo. En la segunda columna se

muestran los bloques del temario que se van a desarrollar a partir de esos pasajes y más específicamente, los contenidos exactos que trata el pasaje en cuestión con los correspondientes estándares de aprendizaje. En la última columna se indican el cronograma de la propuesta, y el número de sesiones planteadas para el desarrollo de dicho bloque, repartiendo equitativamente el tiempo del que se dispone entre los contenidos a tratar, y contando con que se dispone de 4 horas semanales a lo largo de 35 semanas lectivas.

Como existe un bloque que no puede ser impartido con la ayuda de la novela, el bloque 9 (Geología de España), no aparecerá en la tabla, y se dará en último lugar.

Como era de esperar, tras la reorganización de los bloques de contenidos, el orden resultante (bloques 2, 1, 10, 5, 7, 6, 8, 3 y 4) presenta ciertos problemas potenciales que de los que debe ser consciente el docente para evitar posibles conflictos o confusiones en la secuencia de aprendizaje. Lo más evidente en esta nueva organización temporal, es que la geología de campo (bloque 10), se impartirá hacia el inicio del curso, siendo lo ideal realizarlo en último lugar por su carácter integrador de todo el conocimiento adquirido a lo largo de la asignatura. También es significativo que el estudio de los minerales (bloque 2) y el de las rocas (bloque 3) no se realice de manera consecutiva, sino con una importante diferencia temporal. Por último puede haber ciertas dificultades de comprensión de los contenidos referidos a la dinámica interna y los riesgos asociados a los fenómenos de vulcanismo y sismicidad, que resulten del hecho de que el bloque 4 sobre la tectónica de placas sea impartido en último lugar. En efecto, se trata de una teoría global, que da sentido y relaciona varios aspectos geológicos como pueden ser el relieve, la distribución de rocas, la sismicidad y el vulcanismo, y por ello puede resultar más interesante tratar la tectónica de placas antes de desarrollar estos temas. Pero como ya hemos dicho, se han asumido estos inconvenientes, al considerar que los beneficios de la propuesta en su totalidad superan con creces estos problemas.

**Tabla 1.** Resumen y organización de la propuesta didáctica

NOVELA	CONTENIDOS Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE	CRONOGRAMA
<b>Capítulo II</b> <i>“Ce cabinet [...] bien arrangé”*</i> Página 13** (Anexos 4 y 5)  (A lo largo de toda la novela)***	<b>Bloque 2: Minerales, los componentes de las rocas.</b>  Clasificación de los minerales 2.1. Reconoce los diferentes grupos minerales, identificándolos por sus características físico-químicas. Reconoce por medio de una práctica de visu algunos de los minerales más comunes.	Semana 1 – Semana 2 (7 sesiones)
<b>Capítulo VI</b> <i>“Allons [...] le centre de la terre”</i> Páginas 43 a 47 (Anexos 6 y 7)  <b>Actividad 1.</b> Errores históricos, errores conceptuales. La estructura de la tierra  (Páginas 9, 126 y 185. Anexos 8 a 13)	<b>Bloque 1. El planeta tierra y su estudio</b>  El trabajo de los geólogos. La metodología científica y la Geología. Perspectiva general de la geología, sus objetos de estudio, métodos de trabajo y su utilidad científica y social  1.1. Comprende la importancia de la Geología en la sociedad y conoce y valora el trabajo de los geólogos en distintos ámbitos sociales y científicos. 2.1. Selecciona información, analiza datos, formula preguntas pertinentes y busca respuestas	Semana 3 – Semana 5 (10 sesiones)
<b>Capítulo XI</b> <i>“Les instruments comprenaient [...] groupe des outils”</i> Páginas 82 a 84 (Anexos 14 y 15)  (Página 168. Anexos 16 y 17)	<b>Bloque 10. Geología de campo</b>  El trabajo de campo, técnicas de orientación.  1.1. Utiliza el material de campo (martillo, cuaderno, lupa, brújula).	Semana 5 – Semana 9 (16 sesiones)
<b>Capítulo XIV</b> <i>“Stapi est une bourgade [...] sans les entamer”</i> Páginas 100 a 102 (Anexos 18 y 19)  (Página 118. Anexos 20 y 21)	<b>Bloque 5. Procesos geológicos externos</b>  Glaciares y fiordos: tipos, procesos y formas resultantes  8.1. Diferencia las formas resultantes del modelado glacial, asociándolas con su proceso correspondiente.	Semana 9 – Semana 15 (26 sesiones)

<p><b>Capítulos XIV y XV</b>  <i>“Une idée [...] à mes pieds”</i>  Páginas 104 a 114  (Anexos 22 y 23)</p> <p><b>Actividad 2.</b> Riesgos naturales: los volcanes.  (Páginas 40 y 117. Anexos 24 a 27)</p>	<p><b>Bloque 7. Riesgos geológicos</b></p> <p>Riesgos endógenos: volcanes</p> <p>1.1. Conoce y utiliza los principales términos en el estudio de los riesgos naturales: riesgo, peligrosidad, vulnerabilidad y coste.</p> <p>6.1. Conoce y valora las medidas de prevención y las de autoprotección contra los riesgos geológicos.</p> <p>6.2. Conoce los principales fenómenos geológicos acontecidos recientemente tanto en el planeta como en el ámbito local, y valora los riesgos asociados a los mismos.</p>	<p>Semana 16 –  Semana 18  (12 sesiones)</p>
<p><b>Capítulo XIX</b>  <i>“À midi [...] prendre garde.”</i>  Páginas 138 a 142  (Anexos 28 y 29)</p> <p><b>Actividad 3.</b> ABP. Datación absoluta: los fósiles guía</p>	<p><b>Bloque 6. Tiempo geológico y geología histórica</b></p> <p>Reconstrucción paleoambiental. Datación absoluta con fósiles. El tiempo geológico.</p> <p>2.1. Entiende el concepto de estrato y sus partes y la contribución de la estratigrafía a la reconstrucción de la Historia de la Tierra.</p> <p>3.1. Conoce y utiliza los métodos de datación relativa y de las interrupciones en el registro estratigráfico a partir de la interpretación de cortes geológicos y correlación de columnas estratigráficas.</p>	<p>Semana 19 –  Semana 21  (12 sesiones)</p>
<p><b>Capítulo XX</b>  <i>“Nous étions [...] les voyageurs.”</i>  Páginas 142 a 146  (Anexos 30 y 31)</p> <p><b>Actividad 4.</b> Recursos naturales de hoy y de ayer: el carbón  (Páginas 108 y 208. Anexos 32 a 35)</p>	<p><b>Bloque 8. Recursos minerales y energéticos. Aguas subterráneas</b></p> <p>Recursos no renovables. Yacimientos de interés económico a nivel mundial. Explotación sostenible de recursos energéticos.</p> <p>1.1. Conoce e identifica los recursos naturales como renovables o no renovables.</p> <p>2.1. Identifica la procedencia de los materiales y objetos que le rodean y realiza una tabla sencilla donde se indique la</p>	<p>Semana 22 –  Semana 24  (12 sesiones)</p>

	<p>relación entre la materia prima y estos materiales u objetos.</p> <p>3.1. Localiza información en la red de diversos tipos de yacimientos, y relacionalos con alguno de los procesos geológicos formadores de minerales y de rocas.</p> <p>4.1. Elabora tablas y gráficos sencillos a partir de datos económicos de explotaciones mineras.</p>	
<p><b>Capítulo XXIII</b>  <i>"Hans se mit [...] profond sommeil."</i>  Páginas 159 a 162  (Anexos 36 y 37)</p> <p>(Páginas 152 a 153 y a lo largo de toda la novela. Anexos 38 y 39)</p>	<p><b>Bloque 3. Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas</b></p> <p>Fluidos hidrotermales.</p> <p>5.1. Comprende el concepto de fluidos hidrotermales</p>	<p>Semana 25 –  Semana 27  (13 sesiones)</p>
<p><b>Capítulo XXIV</b>  <i>"Sous nos pieds [...] quarante-cinq degrés"</i>  Páginas 164 a 166  (Anexos 40 y 41)</p>	<p><b>Bloque 4. La tectónica de placas, una teoría global</b></p> <p>Estructuras geológicas: pliegues y fallas</p> <p>4.1. Conoce las principales estructuras geológicas y las principales características de los orógenos.</p>	<p>Semana 28 –  Semana 30  (17 sesiones)</p>

\*Transcripciones completas de los fragmentos en los Anexos indicados, en francés y castellano.

\*\* Los capítulos y las páginas hacen referencia a la edición de referencia en francés con la que se trabaja toda la propuesta (ver Bibliografía). En los anexos, se incluyen los extractos originales en francés así como las traducciones al castellano.

\*\*\*Las páginas y fragmentos citados entre paréntesis incluyen pasajes del libro en los cuales también aparece información relativa al bloque en cuestión. Como hemos decidido hacer un seguimiento lineal de la novela, para evitar hacer saltos en la lectura, servirán para hacer un repaso o recordatorio de la teoría cuando de forma natural se llegue a esos pasajes.

## **5.4. Desarrollo de actividades**

### **5.4.1. Actividad 1. Errores conceptuales, errores históricos: la estructura de la tierra.**

#### **JUSTIFICACIÓN**

Esta actividad viene a apoyar el desarrollo del *bloque 1, El planeta tierra y su estudio*. Puesto que la estructura interna de la tierra, se estudia con mayor profundidad en la asignatura Biología y Geología de primero de Bachillerato (Bloque 7), se plantea esta actividad como una manera para comprobar si los conceptos están claros, y afianzar ese conocimiento. No sería de extrañar que a pesar de ser conocimientos que ya se han estudiado con anterioridad, persistiesen en el alumnado ciertos errores conceptuales que arrastrasen año tras año. En efecto, se trata de conceptos que pueden resultar contraintuitivos, y de escalas tan grandes que pueden superar el entendimiento del alumno.

En relación a este tema se han identificado las siguientes ideas alternativas (Lillo, 1994):

- Consideran que el núcleo caliente y fundido es la fuente de los magmas volcánicos.
- La astenosfera la dibujan como el manto superior y no como una parte del mismo.
- La litosfera consideran que es la corteza.
- En ningún caso los alumnos hacen a escala las capas de la tierra.

#### **OBJETIVOS**

El primer objetivo de esta actividad es hacer visibles los errores que comete el profesor Lidenbrok, y el origen de esos errores, para que comprendan que **la ciencia evoluciona, y el conocimiento va aumentando y sustituyendo viejas teorías, gracias entre otras cosas al avance de las técnicas**. Analizando esos errores, se cumple con el

estándar de aprendizaje 1.1. *(Comprende la importancia de la Geología en la sociedad y conoce y valora el trabajo de los geólogos en distintos ámbitos científicos).*

Una vez entendido el empeño de Verne en viajar al centro de la tierra como única manera de conocer su estructura (es el propio título de la novela), tienen que ser conscientes de que no se debe obviar la posibilidad de **extraer información científica sin necesidad de una exploración física** (resulta físicamente imposible viajar al centro de la tierra), y que de hecho, en Geología, es un recurso generador de conocimiento muy recurrido y recurrente. Se quiere así cumplir con el estándar de aprendizaje 2.1. *Selecciona información, analiza datos, formula preguntas pertinentes y busca respuestas*, respecto al planeta tierra y su estudio.

Por último, esta actividad pretende **dejar clara la estructura interna de la tierra**, tal y como hoy está planteada.

## METODOLOGÍA Y RECURSOS

El desarrollo de esta actividad va a venir impulsado por la propia lectura del fragmento de la novela seleccionado (Anexos 6 y 7), que se realizará en casa, y releerá en la sesión dedicada a esta actividad. En este pasaje, el profesor y Axel discuten e intercambian ideas y datos acerca de la posible estructura interna de la tierra.

Debido al año en el que se escribió la novela, las teorías no se corresponden con la actualmente establecida: el profesor Lidenbrock, defiende mediante el razonamiento científico, la teoría de Davy. El procedimiento para lograr los objetivos de esta actividad va a consistir en un primer momento en un trabajo de identificación por parte del alumno de los errores que se cometen en el pasaje. Se les pedirá que los identifiquen y los escriban, para hacer posteriormente una puesta en común y discusión.

A continuación, se preguntará al alumnado por el posible origen de esos errores. ¿Qué ha cambiado a lo largo del tiempo para que las teorías de los personajes ya no sean válidas? ¿Es factible una exploración física del centro de la tierra? Se

pretende llegar a la conclusión de que gracias a las técnicas de estudio utilizadas, el conocimiento sobre la estructura interna de la tierra ha cambiado.

En este punto, se plantea al alumno un ejercicio para poner en práctica los métodos que se utilizaron para lograr llegar al conocimiento actual: el estudio de las ondas sísmicas (Anexo 42). En este ejercicio práctico, mediante el análisis de los datos de las ondas sísmicas P y S, el alumnado debe llegar a definir aspectos clave de las discontinuidades y de la estructura interna de la tierra: características de la corteza, el manto, el núcleo.

Para terminar con la actividad, se propone analizar un esquema que resume las diferentes capas del planeta tierra según su composición química y según su comportamiento mecánico. El esquema (Anexo 43) es muy sencillo y esclarecedor, permitiendo una vez refutada la teoría de Davy, y estudiados los métodos de estudio de la estructura de la tierra, fijar los conocimientos actuales sobre esta de manera clara, y evitando los errores conceptuales arriba citados.

## EVALUACIÓN

Según marca la LOMCE, la evaluación debe ser continua, formativa e integradora. Se ha decidido por ello realizar la evaluación de esta actividad en varias fases: teniendo en cuenta en primer lugar la participación activa en clase, en segundo lugar la resolución del entregable práctico planteado en el aula, y por último de una prueba escrita teórica final en la que se evaluarán los conceptos aprendidos y resumidos en el esquema del Anexo 43. Es importante que se realice la evaluación a lo largo de todo el curso, y no simplemente con exámenes finales, para que puedan adoptarse medidas de refuerzo educativo en cuanto se detecte su necesidad. El peso de estos tres métodos de evaluación contabilizará lo mismo en la nota final, dando oportunidad a los alumnos de aprovechar sus puntos fuertes.



### **5.4.2. Actividad 2. Riesgos naturales: los volcanes.**

#### **JUSTIFICACIÓN**

La siguiente actividad se desarrolla en el marco del *bloque 7, Riesgos geológicos*.

Se ha decidido hacer una actividad de este tipo, para estudiar los riesgos geológicos al mismo tiempo que se estudian los cambios que en ese tema ha sufrido el conocimiento a lo largo del tiempo. Se trata de hacer un análisis de varios documentos cuyo tema central es el mismo, el vulcanismo en Islandia y sus riesgos, pero cuyo enfoque es muy diferente.

#### **OBJETIVOS**

El objetivo general de esta actividad es extraer de 4 documentos bien distintos, **conceptos clave ligados al riesgo volcánico** y ser capaces de **caracterizar un paisaje volcánico**. El alumno debe familiarizarse con términos propios de este bloque como *prevención, riesgo, peligrosidad y protección*.

Debe también aprender a poner en **confrontación enfoques muy diferentes de un mismo tema**, utilizando diversos recursos: un pasaje de la novela de Verne en la que se hace una extensa descripción del paisaje volcánico de Islandia, y tres documentos de no ficción (dos artículos y una entrevista) también relacionados con el vulcanismo Islandés, pero con diferentes fechas.

Esta actividad va a dotar al alumnado de las nociones básicas sobre los riesgos geológicos ligados al vulcanismo y le va a proporcionar las competencias necesarias para **analizar y explicar fenómenos volcánicos**. Conocerá también casos de acontecimientos recientes, en los que la erupción de un volcán ha tenido consecuencias que han traspasado fronteras. Se cumple con varios de los estándares de aprendizaje marcados por la ley:

*1.1. Conoce y utiliza los principales términos en el estudio de los riesgos naturales: riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad*

*3.1. Analiza casos concretos de los principales fenómenos naturales que ocurren en nuestro país: terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral.*

*4.1. Conoce los riesgos más importantes en nuestro país y relaciona su distribución con determinadas características de cada zona.*

*6.1. Conoce y valora las medidas de prevención y las de autoprotección contra los riesgos geológicos.*

*6.2. Conoce los principales fenómenos geológicos acontecidos recientemente tanto en el planeta como en el ámbito local, y valora los riesgos asociados a los mismos.*

## METODOLOGÍA Y RECURSOS

La actividad comienza con la lectura de un fragmento de la novela (Anexos 22 y 23) en el que los protagonistas caminan por terreno volcánico, acercándose al Sneffels y observando un paisaje de fumarolas, columnas basálticas, coladas volcánicas... Mientras que Axel plantea al profesor su miedo ante la posible erupción del volcán, este trata de tranquilizarlo explicándole que se puede predecir una erupción antes de que suceda, estando atento a los signos previos: duplicación de la intensidad de las fumarolas y posterior cese, aire pesado y tiempo calmado... Los términos *prevención*, *riesgo*, *peligrosidad* y *protección* son términos que aparecen a lo largo de este pasaje, aunque la manera en la que los usa el intrépido profesor no coincida exactamente con la definición que se le da hoy en Ciencia. Tras la lectura, y de manera similar al inicio de la actividad 1, se plantea un debate sobre la veracidad de las descripciones (que en este caso son fieles a la realidad) y se propone al alumnado que valore el riesgo al que se exponen los protagonistas al emprender un viaje por esos terrenos volcánicos. ¿Si hoy en día se programa una expedición científica a un volcán activo, qué medidas de

prevención y de protección se toman? ¿Cuáles son los riesgos a los que se exponen los personajes mientras caminan entre los volcanes?

Tras la puesta en común de esas respuestas, se propone al alumno pegar un salto de la ficción a la realidad, a través de otros tres documentos.

El primero de ellos (Anexos 44 y 45) es la descripción de un evento volcánico de 1783: la erupción del Laki, en Islandia. Lo exageradas que pueden parecer las consecuencias que se relatan en este documento, que habla de hambrunas, epidemias, cambios climáticos, desencadenamiento de la Revolución francesa...nos da pie a las preguntas que van a guiar el análisis: imagina que la erupción del Laki ocurriese en 2017. ¿Cuáles crees que serían las consecuencias, y en qué crees que se diferenciarían de las que causó en 1783? ¿Cómo se puede actuar ante fenómenos de semejante calibre? Se dirige así al alumnado a la elaboración de un listado de consecuencias, diferenciando aspectos ambientales, materiales y sociales. Se quiere visibilizar las consecuencias globales que puede tener el vulcanismo y hacer entender que la prevención es vital a la hora de evitar pérdidas humanas, pero que poco se puede hacer para luchar contra los efectos climáticos. Se trata principalmente de un ejercicio de reflexión.

El siguiente documento que se estudia (Anexos 46 y 47) es una entrevista a la vulcanóloga Aline Peltier por Dora Courvon Tavcar, en Abril del 2010. En ella, se habla del volcán Eyjafhöll, en erupción en el momento de la entrevista. Este documento es muy interesante, porque permite estudiar un evento relativamente actual, que los alumnos ya conocen porque lo vivieron a través de los medios de comunicación. En este caso, las preguntas guía serán las siguientes ¿Qué diferencias fundamentales destacarías entre la erupción del volcán Eyjafhöll y la del Laki? ¿Se trata de dos volcanes del mismo tipo? ¿Por qué? Enumera las principales consecuencias causadas por esta erupción. ¿En qué crees que es importante que existan geólogos especializadas en vulcanología como Aline Peltier?

Al tratarse de un documento que describe con mayor detalle los aspectos físicos de la erupción, se podrá llegar a definir el tipo de volcán del que se trata.

Lo mismo ocurre con el volcán Eldfell, objeto del último documento (Anexos 48 y 49). Se describe su nacimiento repentino en 1973, y las consecuencias que su erupción tuvo en la población de la isla en la que se encuentra. Lo que aporta este último documento es un tercer caso completamente diferente que provoca daños más locales, y cuyas medidas preventivas han surtido el efecto deseado. Su lectura va a dar pie a una actividad de síntesis: se pedirá al alumnado que trabaje en grupos y analice el conjunto de los documentos para extraer un listado detallado de los riesgos ligados al vulcanismo islandés.

Con el fin de trabajar también eventos nacionales y conocer cuál es el alcance de este fenómeno natural en nuestro país, se finalizará la actividad proponiendo un trabajo de investigación personal, acerca del vulcanismo en España.

### EVALUACIÓN

Para esta segunda actividad, se evaluarán tanto el trabajo escrito de investigación personal realizado individualmente en casa, como la participación de los alumnos durante el análisis en forma de debate/preguntas realizado en el aula.

### **5.4.3. Actividad 3. ABP. Datación absoluta: los fósiles**

#### JUSTIFICACIÓN

En esta actividad, se aborda una rama de la Geología que al igual que hemos visto con la estructura interna de la tierra, genera gran confusión entre los alumnos, y tiene muchos errores conceptuales asociados a ella: el tiempo geológico y los fósiles. Se enmarca dentro del Bloque de 6 de contenidos, tiempo geológico y geología histórica.

A continuación se recogen los problemas más habituales que se observan en el alumnado.

- No entienden el tiempo geológico (Pedrinaci, 2003)
- Tienen dificultades para asimilar procesos que ocurren a una escala superior a la humana (Leal, 2013).
- No entienden el principio del actualismo (Pedrinaci, 2003).
- No conocen el principio de horizontalidad de los estratos (Leal, 2013).
- Consideran que las rocas son anteriores a los fósiles que contienen (Pedrinaci, 2003).
- No conocen la posibilidad de datar una roca con la ayuda de un fósil (Leal, 2013).
- Identifican fósil como resto orgánico (concha, esqueleto).
- No perciben las transformaciones que ocurren después del enterramiento hasta que se forma el fósil (Lillo, 1994)

Teniendo en cuenta todas estas dificultades de comprensión, se decide plantear una actividad de aprendizaje basado en problemas (ABP). Se trata de una propuesta educativa innovadora, en la que el aprendizaje se centra en el alumno. Al desarrollarse en base a pequeños grupos de trabajo, se facilita la adquisición de una serie habilidades y competencias como por ejemplo la colaboración. Consiste en tratar de resolver un problema inicial retador planteado por el docente, para desencadenar el aprendizaje autodirigido y significativo. El profesor adopta un rol de guía facilitador del aprendizaje, en lugar de ser un mero transmisor de conocimiento.

## OBJETIVOS

Se puede considerar este pasaje, como el más pedagógico de toda la novela. Axel se enfrenta a una dificultad que consigue resolver a base de la observación de las rocas de su entorno y de deducciones lógicas y en ese razonamiento deductivo, utiliza una gran variedad de conceptos complejos relativos al bloque tratado. Por tanto, la realización de esta actividad en forma de ABP va a permitir al alumno **fijar esos**

**conceptos importantes y confusos para el alumnado de manera duradera y significativa**, al verse implicado en la resolución de un problema elaborado y retador.

Se trata de una actividad muy completa, ya que aparte de **trabajar competencias de resolución grupal de problemas**, se clarifican los siguientes contenidos del bloque 6: El tiempo en Geología. El registro estratigráfico. El método del actualismo: aplicación a la reconstrucción paleoambiental. Estructuras sedimentarias y biogénicas. Paleoclimatología. Métodos de datación: geocronología relativa y absoluta. Principio de superposición de los estratos. Fósiles. Bioestratigrafía. La Tabla de Tiempo Geológico. Evolución geológica y biológica de la Tierra desde el Arcaico a la actualidad, resaltando los principales eventos. Cambios climáticos naturales.

#### METODOLOGÍA Y RECURSOS

El recurso base va a ser un pasaje de la novela (Anexos 28 y 29) que se leerá en casa y repetidamente en clase, durante la sesión dedicada a esta actividad. La particularidad de este ABP, es que el problema inicial, que forma el foco de organización y estímulo para el aprendizaje, es el propio problema con el que se topan los protagonistas de la novela: El profesor Lidenbrock y Axel que ya están en las entrañas del volcán Sneffels, se encuentran en el camino con una bifurcación, y deciden tomar una de las dos vías al azar. No saben si el camino elegido es el que efectivamente conduce al interior de la tierra, o si por el contrario, les aleja de su destino. En esta situación, Axel descubre que las rocas que les circundan tienen mucho que decir sobre ello, y pueden ayudarles a dilucidar el problema.

En esta actividad 3, vamos a proponer al alumnado que siga un proceso de resolución similar, apoyándose en la lectura del pasaje. El problema inicial que se le plantea, en forma de pregunta, es el siguiente:

**¿Cómo se puede reconstruir la historia de la tierra a partir de los fósiles?**

El alumno debe contestar a esa pregunta de manera precisa, ayudándose del extracto en cuestión y siguiendo los pasos lógicos que sigue Axel. Vamos a poner a su disposición el siguiente recurso, para que pueda apoyar en él su investigación, y utilizarla como fuente complementaria de información <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s4/datations.relatives.html>. La página no contiene la solución al problema, sino una serie de contenidos teóricos varios, de los cuales puede extraer información necesaria para resolver la pregunta inicial del problema.

Para que la actividad no sea caótica y que el alumno no pierda el rumbo, el docente dará un par de “pistas” o pasos a seguir. La primera ayuda, consistiría en aclararles cómo se produce el proceso de fosilización, mediante un video explicativo (<https://www.youtube.com/watch?v=w1HdhVG8TGs>), insistiendo en el hecho de que esta se produce en ambientes sedimentarios, y que las rocas no son anteriores a los fósiles, sino que son contemporáneos. La segunda pista sería la de destacar que la reflexión final de Axel, *“Il devenait évident que nous remontions l'échelle de la vie animale dont l'homme occupe le sommet”* (*“Era evidente que remontábamos la escala de la vida animal, cuyo último y más elevado peldaño ocupan las criaturas humanas”*), refiriéndose al camino que están siguiendo, esconde la clave del problema. De esta manera, se espera que hallen la solución por ellos mismos.

Una vez acabada esta actividad de aprendizaje basado en problemas, podría ser de interés plantearles otro problema práctico, en el que tuvieran que ordenar temporalmente una serie de fósiles que se llevarían a clase.

## EVALUACIÓN

Para evaluar una actividad de tipo ABP, se debe valorar tanto el entregable por escrito con la resolución del problema planteado, como el trabajo colaborativo. Por tanto, en este caso, se realizará una evaluación del profesor al alumno, y luego se pedirá a los alumnos que realicen una coevaluación, para calificar el trabajo de sus compañeros de equipo. Este método les permite ser consciente de la aportación de cada uno al conjunto del trabajo.

#### **5.4.4 Actividad 4. Recursos naturales de hoy y de ayer: el carbón**

##### **JUSTIFICACIÓN**

Esta actividad 4, corresponde al bloque 8 de contenidos: recursos minerales y energéticos. Se ha decidido desarrollar una actividad entorno a esta temática por dos razones: la primera es la exquisita delicadeza y la claridad con la que Julio Verne introduce en su novela un pasaje centrado en unos yacimientos de carbón. Descontextualizado, el fragmento seleccionado bien podría pasar por el extracto de un libro de texto de ciencias naturales. La segunda es la gran diferencia de enfoque económico que posee, retratando la visión de aquel tiempo, hoy obsoleta.

##### **OBJETIVOS**

Con la vista puesta en lograr alcanzar el mayor número posible de estándares, se va a abordar el tema desde dos aproximaciones distintas: la geológica y la económica. Mediante el estudio del extracto del libro, y de un artículo actual, se obtendrán todos los objetivos de aprendizaje marcados en el bloque 8, en relación al carbón.

*1.1. Conoce e identifica los recursos naturales como renovables o no renovables.*

*2.1. Identifica la procedencia de los materiales y objetos que le rodean y realiza una tabla sencilla donde se indique la relación entre la materia prima y estos materiales u objetos.*

*3.1. Localiza información en la red de diversos tipos de yacimientos, y relaciónalos con alguno de los procesos geológicos formadores de minerales y de rocas.*

*4.1. Elabora tablas y gráficos sencillos a partir de datos económicos de explotaciones mineras.*



## METODOLOGÍA Y RECURSOS

Se comienza la actividad leyendo un pasaje de la novela (Anexos 30 y 31). En él, se describe el momento en el que Axel y Lidenbrock descubren un yacimiento subterráneo de carbón. Guiado por su inagotable curiosidad y por su afán por entenderlo todo, Axel se pregunta cómo se ha formado esa mina natural. Le sigue una completísima explicación de los procesos de formación del carbón mineral a partir de restos vegetales, pasando por los estadios intermedios de menor contenido en carbono. La simple lectura de este extracto, permite responder a la pregunta ¿cómo se forma el carbón?, y así cumplir con el estándar de aprendizaje 2.1. Pero el pasaje va más allá, puesto que Axel realiza una reflexión económica-ambiental posterior sobre la explotación de ese recurso. Concluye que es un recurso limitado y no renovable, y que la explotación de una mina a esas profundidades no resulta de interés, por la presencia de recursos en superficie cuya extracción supone un menor esfuerzo.

Se trata pues en esta actividad de lograr una comprensión de dicha reflexión por parte del alumnado y llevarle a un cuestionamiento de la vigencia de esas consideraciones y su validez a la hora de analizar otros recursos energéticos. Las siguientes preguntas pueden ayudar en este proceso: ¿Por qué razón entiende Axel que el carbón encontrado no ha sido explotado, y no lo será? ¿A qué otro recurso menos energético lo compara cuando valora el interés de extracción? ¿Se puede utilizar ese razonamiento con otros combustibles?

El segundo documento (Anexo 50) es un artículo de la sección de economía del periódico *El País*, en el que se hace un balance económico y ambiental del uso del carbón como combustible, explicando las razones por las cuales se trata hoy de un recurso casi obsoleto en Europa (razones económicas de bajo rendimiento, razones ambientales de limitación del recurso no renovable, y razones socio-ambientales de contaminación. Para introducir el artículo ligándolo a la novela, se plantean las siguientes cuestiones, que se debatirán en clase antes de iniciar esta segunda lectura: ¿Las reflexiones de Axel tiene sentido en la actualidad? Si la respuesta es sí, ¿este dilema de si compensa energéticamente y económicamente la extracción, en qué recurso se focalizaría hoy en día?

Tras la lectura del artículo, surgen varias reflexiones que queremos que se planteen los alumnos. ¿Por qué el carbón, que jugó un papel tan importante en la conformación de la Europa que hoy conocemos, tiene los días contados?

Ayudándote de las diferencias entre el discurso de Axel, y el del autor del artículo, describe el cambio energético que se ha sufrido desde aquella época hasta ahora, y las razones subyacentes.

Es importante que el alumno comprenda en profundidad el cambio energético que estamos sufriendo y vamos a seguir sufriendo. Este se visualiza perfectamente en ese cambio entre el discurso de Axel, en el que el carbón es una fuente energética fundamental, y el artículo, que afirma que está abocado a desaparecer a no muy largo plazo.

Con la siguiente pregunta, se encamina al alumno hacia otra importante reflexión: ¿Qué elemento que Axel (y la gente de su tiempo) ignora, ha jugado un papel fundamental en este cambio energético?

Y es que otra grandísima diferencia observada, es el peso que suponen las **implicaciones ambientales** en el discurso energético de hoy en día, mientras que en la época de la novela, ni siquiera se contemplaba la contaminación ambiental como un factor importante, sino que simplemente se tenía en cuenta el carácter limitado del recurso (y no demasiado).

De esta manera, con la lectura y posterior reflexión y debate en el aula de estos dos recursos, se quiere lograr con esta actividad 4 una visión amplia de lo que supone el carbón como combustible fósil hoy en día y en el pasado. Lo único que permanece intacto en el tiempo, son los procesos geológicos que originan este combustible.

## EVALUACIÓN

En esta última actividad se evaluará con mayor peso la participación en clase y resolución de las preguntas de reflexión planteadas en el debate. Para ello, se utilizará

una rúbrica con diferentes criterios a tomar en cuenta, como la frecuencia de las intervenciones, el interés mostrado en el debate, la formulación de preguntas pertinentes y adecuadas al tema, la utilización de argumentos fundamentados, el respeto hacia su profesor y sus compañeros y la iniciativa y creatividad durante la clase. Esta parte constituirá un 60% de la nota final de esta actividad.

Para el 40% restante, se les presentará una prueba escrita, para comprobar si han comprendido bien los conceptos geológicos de la formación del carbón, y los aspectos económico y ambiental.

## **6. Aspectos transversales**

### **6.1. Primera lengua extranjera: Francés**

Como ya hemos adelantado en algún punto, uno de los valores añadidos de esta propuesta, es su transversalidad. Al haber planteado el desarrollo de la asignatura de Geología al ritmo de la lectura de *Voyage au centre de la terre*, se va a aprovechar el potencial didáctico que tiene la novela, para el aprendizaje del francés. Así pues, paralelamente a la propuesta planteada, se propone trabajar la asignatura *Francés, primera lengua extranjera*, con esta misma novela, y al mismo ritmo.

El curriculum oficial de esta asignatura se divide en 4 bloques:

- Bloque 1: Comprensión de textos orales
- Bloque 2: Producción de textos orales: expresión e interacción
- Bloque 3: Comprensión de textos escritos
- Bloque 4: Producción de textos escritos: expresión e interacción

De estos bloques, el trabajo con la novela nos permitiría cumplir con la casi totalidad del bloque 3, especialmente con los puntos

- 2. Aspectos socioculturales y sociolingüísticos: convenciones sociales, normas de cortesía y registros; costumbres, valores, creencias y actitudes; lenguaje no verbal.

- 4. Estructuras sintáctico-discursivas

- 5. Léxico escrito común y más especializado (recepción), dentro de las propias áreas de interés en los ámbitos personal, público, académico y ocupacional, relativo a la descripción de personas y objetos, tiempo y espacio, estados, eventos y acontecimientos, actividades, procedimientos y procesos; relaciones personales, sociales, académicas y profesionales; educación y estudio; trabajo y emprendimiento; bienes y servicios; lengua y comunicación intercultural; **ciencia y tecnología**; historia y cultura.

Se espera que a través del cada vez mayor conocimiento de los personajes y del seguimiento paulatino del relato, el alumno desarrolle un apego a la novela que sirva de amenizador del trabajo y motivador del aprendizaje, tanto en *Geología* como en *Francés*.

## **7. Consideraciones finales**

La realización de este trabajo ha supuesto un reto para mí en muchos aspectos: la falta de oportunidad para llevar al aula la propuesta (realicé el practicum II en un centro de Formación profesional), ha hecho que tuviera que trabajar de manera teórica sin recibir por parte del alumnado, un feedback sobre el trabajo realizado, y sin poder comprobar el “poder didáctico” o la utilidad real de la propuesta. Sin embargo, creo que sería totalmente factible llevarla a cabo, y vertebrar la asignatura en función de la novela de Julio Verne, tratando los contenidos de los bloques con recursos externos a esta, como pueden ser los libros de texto. Sería por lo tanto interesante en un futuro, ir un paso más allá, y aplicar esta propuesta en el aula, para detectar las debilidades o limitaciones que presenta. Ha supuesto un desafío también el hecho de tratarse de una propuesta que engloba la totalidad de una asignatura, y no sólo una unidad didáctica. Esto, por una parte, permite obtener una visión integral de toda la asignatura, pero por otra parte condena el trabajo a una profundización algo más

modesta, al no poder desarrollar con mayor hondura cada uno de los apartados de la propuesta, o bloques de contenido.

Conviene señalar que la organización, estructuración e identificación de pasajes de la novela que contuvieran información válida que se correspondiese con los contenidos del curriculum ha sido un trabajo laborioso y muy intrincado. Es posible que el resultado (la tabla 1 resumen) parezca algo caótico para el lector. Pero lo cierto es que si uno se lee la novela de Verne, el seguimiento de la propuesta se vuelve mucho más ameno y comprensible: todas las partes que se citan se vuelven conocidas, y te introduce en una dinámica de fácil seguimiento del cronograma propuesto. También es cierto, que el libro contiene una gran cantidad de información científica válida, que no hemos podido aprovechar en este trabajo, bien por su falta de coincidencia con el curriculum oficial, bien porque pertenece a otras disciplinas científicas que no son la geología. De ahí que el interés de este trabajo traspase la frontera del propio aprendizaje de la geología y de la lengua francesa, alcanzando metas como la adquisición de una cultura científica más general (botánica, zoología, física, química, etc.) o el nacimiento del gusto por la literatura clásica y de una afición por la lectura.

Para acabar, quiero recalcar una vez más cuál ha sido el principal motivo por el que se ha decidido hacer un trabajo de este tipo: traer una novela clásica como recurso para una asignatura científica, demostrando así que es posible asociar en una simbiosis literatura y ciencia, dos disciplinas clásicamente catalogadas como incompatibles o por lo menos, muy alejadas en su estudio. Este encuentro interdisciplinar constituye una innovación en su esencia, y quizás sólo se pueda entender el alcance de su originalidad, si damos un vuelco a la propuesta planteada e imaginamos cuál sería su equivalente para una asignatura “de letras”: ¿cómo sería recurrir a recursos típicamente científicos, como un mapa topográfico, un experimento en laboratorio, una colección de minerales, un artículo científico, etc. para impartir una asignatura de lengua o de historia?

## **Bibliografía**

- Butor, M. (2015). *Jules verne et le « roman scientifique » de son temps*. Bibliothèque nationale de France.
- Clamen, M. (2005). *Jules Verne et les sciences: 100 ans après*. Belin editeur
- Boletín Oficial de Navarra. 2015. *Currículo de las enseñanzas del bachillerato en la comunidad foral de Navarra*. Decreto Foral 25/2015, de 22 de abril. Boletín Oficial de Navarra número 127, de 2 de julio de 2015
- Guerra Retamosa, C., (2005). Náufragos, amantes y aventureros en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* nº2, pp.173-182
- Leal I. (2013). Uso de las TIC para provocar el cambio de preconceptos erróneos relacionados con la geología en la ESO. Trabajo Final de Máster. Universidad Internacional de la Rioja
- Lillo J. (1994). Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (1), 39-44
- Mogollon Montilla, GI. *Literatura y divulgación científica*. Congreso Iberoamericano de ciencia, tecnología, innovación y educación, Noviembre 2014.
- Morales Bueno, P. y Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria* nº13, pp.145-157.
- Oliva, J.Mª y Matos, J. (2000). *Comunicar la Ciencia en el siglo XXI*. Vol. 2, pp. 338-341. Sobre las relaciones entre la didáctica de las ciencias y la comunicación social de la ciencia. Granada: Parque de las Ciencias y Proyecto Sur de Ediciones.
- Pedrinaci E. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la geología. En: Jiménez Aleixandre M. P., C aamaño A., Oñorbe A., Pedrinaci E., de Pro A. *Enseñar Ciencias*. Editorial Graó, Barcelona (España).

- Planelles, M. (Abril 2017). *El ocaso de una era del carbón*. El País.  
[https://economia.elpais.com/economia/2017/04/15/actualidad/1492271008\\_221017.html](https://economia.elpais.com/economia/2017/04/15/actualidad/1492271008_221017.html). (Acceso el 30-8-2017).
- Raichchvarg, D.y Jacques, J. (1991). *Savants et ignorants. Une histoire de la vulgarisation des sciences*. Éditions deSeuil
- Salabert, M. (1985). *Jules Verne, ese desconocido*. Madrid, Alianza editorial.
- Tresaco, M<sup>a</sup>.P., Vicente, J. y Cadena, M<sup>a</sup>.L. (2013). *De Julio Verne a la actualidad: la palabra y la tierra*. Prensas universitarias de Zaragoza, España.
- Verne, J. (1867) *Voyage au centre de la terre*. Paris 2015, Librairie Générale Française. Coll. Le Livre de Poche. Édition 48. ISBN: 978-2-253-01254-2. Pp. 315.

## **ANEXO 1**

— Mais où sommes-nous, mon oncle ? car je ne vous ai point encore posé cette question à laquelle vos instruments ont dû répondre ?

— Horizontalement, à trois cent cinquante lieues de l'Islande.

— Tout autant ?

— Je suis sûr de ne pas me tromper de cinq cents toises.

— Et la boussole indique toujours le sud-est ?

— Oui, avec une déclinaison occidentale de dix-neuf degrés et quarante-deux minutes, comme sur terre, absolument. Pour son inclinaison, il se passe un fait curieux que j'ai observé avec le plus grand soin.

— Et lequel ?

— C'est que l'aiguille, au lieu de s'incliner vers le pôle, comme elle le fait dans l'hémisphère boréal, se relève au contraire.

— Il faut donc en conclure que le point d'attraction magnétique se trouve compris entre la surface du globe et l'endroit où nous sommes parvenus ?

— Précisément, et il est probable que, si nous arrivions sous les régions polaires, vers ce soixante-dixième degré où James Ross a découvert le pôle magnétique, nous verrions l'aiguille se dresser verticalement. Donc, ce mystérieux centre d'attraction ne se trouve pas situé à une grande profondeur.

— En effet, et voilà un fait que la science n'a pas soupçonné.

— La science, mon garçon, est faite d'erreurs, mais d'erreurs qu'il est bon de commettre, car elles mènent peu à peu à la vérité.

— Et à quelle profondeur sommes-nous ?

— A une profondeur de trente-cinq lieues."

## **ANEXO 2**

— Pero, ¿dónde estamos tío? Porque no le he dirigido hasta ahora esta pregunta que sus instrumentos de usted han debido contestar.

—Horizontalmente, a trescientas cincuenta leguas de Islandia.

—¿Tan lejos?

—Tengo la seguridad de no haberme equivocado en quinientas toesas.

—¿Y la brújula sigue indicando el Sudeste?

—Sí, con una inclinación occidental de diez y nueve grados y cuarenta y dos minutos, exactamente igual que en la superficie de la tierra. Respecto a su inclinación ocurre un hecho curioso que he observado con la mayor escrupulosidad.

—¿Qué hecho?

—Que la aguja, en vez de inclinarse hacia el polo, como ocurre en el hemisferio boreal, se levanta, por el contrario.

—Eso parece indicar que el centro de atracción magnética se encuentra comprendido entre la superficie del globo y el lugar donde nos hallamos.

—Exacto; y, probablemente, si llegásemos bajo las regiones polares, hacia el grado 70 en que Jacobo Ross descubrió el polo magnético, veríamos la aguja en posición vertical. Así, pues, este misterioso centro de atracción no se halla situado a una gran profundidad.

—Cierto, y éste es un hecho que la ciencia no ha sospechado siquiera.

—La ciencia, hijo mío, está llena de errores; pero de errores que conviene conocer, porque conducen poco a poco a la verdad.

—Y, ¿a qué profundidad nos hallamos?

—A una profundidad de treinta y cinco leguas.

## **ANEXO 3**



**14.-Geología**

El conocimiento geológico hoy en día es muy amplio y está compartimentado en especialidades muy útiles para el desarrollo social actual. La materia de Geología en segundo curso de Bachillerato pretende ampliar, afianzar y profundizar en los conocimientos geológicos y competencias que se han ido adquiriendo y trabajando en la ESO y en la materia de Biología y Geología en 1.º de Bachillerato.

La materia contribuye a que el estudiante formalice y sistematice la construcción de conceptos a través de la búsqueda de interrelación entre ellos y, muy especialmente, a su uso práctico. Esto le permitirá conocer y comprender el funcionamiento de la Tierra y los acontecimientos y procesos geológicos que ocurren para, en muchos casos, poder intervenir en la mejora de las condiciones de vida.

La materia fomenta la observación y la curiosidad, facetas que serán muy importantes para todos aquellos que deseen realizar estudios posteriores y que complementan su formación como individuo en una sociedad cambiante y dinámica, dominada por las nuevas tecnologías que tanta aplicación tienen en los distintos campos que abarca la Geología, y aporta una flexibilidad de pensamiento que potencia la integración e interconexión de diversas disciplinas, ofreciendo al estudiante una visión global e integradora que posibilitará que pueda afrontar con éxito los retos que tendrá ante sí una vez terminado el Bachillerato.

La ESO ha de facilitar a todas las personas una alfabetización científica que haga posible la familiarización con la naturaleza y las ideas básicas de la ciencia y que ayude a la comprensión de los problemas a cuya solución puede contribuir el desarrollo tecnocientífico, así como actitudes responsables dirigidas a sentar las bases de un desarrollo sostenible. El Bachillerato debe, además, facilitar una formación básica sólida sobre aquellos aspectos que le permitirán enfrentarse con éxito a estudios posteriores.

La materia se estructura en diez bloques, que profundizan en aspectos que los estudiantes han tratado, en buena medida, en 1.º de Bachillerato, para permitirles conocer el comportamiento global de la Tierra considerando el origen y la naturaleza de los tipos de energía presentes, el flujo y balance de energía y los procesos dinámicos que le caracterizan.

Se estudiarán las teorías geológicas más destacadas, la composición de los materiales (minerales y rocas), su reconocimiento y utilidad para la sociedad, los elementos del relieve y sus condiciones de formación, los tipos de deformaciones, la interpretación de mapas topográficos, la división del tiempo geológico, la posibilidad de la ocurrencia de hechos graduales o catastróficos, las interpretaciones de mapas geológicos sencillos y cortes geológicos, el análisis de distintas formaciones litológicas o la historia de la Tierra y el modo en que se reconstruye.

Se introduce un bloque sobre riesgos geológicos en el que, de manera sencilla y abarcable para el alumnado de este nivel, se trabajen riesgos derivados de procesos geológicos externos, internos o meteorológicos. El alumnado deberá aplicar muchos de los conocimientos geológicos adquiridos, y valorar su influencia en el medio ambiente y en la vida humana, y ser consciente de la importancia que tiene el estudio de los sedimentos recientes y las evidencias geomorfológicas para poder localizar catástrofes futuras y la peligrosidad asociada.

Se presenta la geología de España para que, una vez vistos, trabajados y adquiridos los conocimientos geológicos generales, los pueda aplicar a su entorno. Para ello, y como componente básico de un curso al que quiere otorgarse un enfoque fundamentalmente práctico, se incluye un bloque sobre el trabajo de campo, en la medida en que constituye una herramienta esencial para abordar la mayoría de las investigaciones y estudios en Geología. Así, buena parte de los conocimientos que se proponen encontrarán un marco natural en el que aplicarlos, ver su utilidad o analizar su significado.

**GEOLOGÍA****2.º Bachillerato**

CONTENIDOS	CRITERIOS EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<b>BLOQUE 1.-EL PLANETA TIERRA Y SU ESTUDIO</b>		
<p>Perspectiva general de la Geología, sus objetos de estudio, métodos de trabajo y su utilidad científica y social.</p> <p>Definición de Geología. El trabajo de los geólogos. Especialidades de la Geología.</p> <p>La metodología científica y la Geología.</p> <p>El tiempo geológico y los principios fundamentales de la Geología.</p> <p>La Tierra como planeta dinámico y en evolución. La tectónica de placas como teoría global de la Tierra.</p> <p>La evolución geológica de la Tierra en el marco del Sistema Solar. Geoplanetología.</p> <p>La Geología en la vida cotidiana. Problemas medioambientales y geológicos globales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir la ciencia de la Geología y sus principales especialidades y comprender el trabajo realizado por los geólogos.</li> <li>2. Aplicar las estrategias propias del trabajo científico en la resolución de problemas relacionados con la geología.</li> <li>3. Entender el concepto de tiempo geológico y los principios fundamentales de la geología, como los de horizontalidad, superposición, actualismo y uniformismo.</li> <li>4. Analizar el dinamismo terrestre explicado según la teoría global de la tectónica de placas.</li> <li>5. Analizar la evolución geológica de la Luna y de otros planetas del Sistema Solar, comparándolas con la de la Tierra.</li> <li>6. Observar las manifestaciones de la Geología en el entorno diario e identificar algunas implicaciones en la economía, política, desarrollo sostenible y medio ambiente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Comprende la importancia de la Geología en la sociedad y conoce y valora el trabajo de los geólogos en distintos ámbitos sociales y científicos.</li> <li>2.1. Selecciona información, analiza datos, formula preguntas pertinentes y busca respuestas para un pequeño proyecto relacionado con la geología.</li> <li>3.1. Comprende el significado de tiempo geológico y utiliza principios fundamentales de la geología como: horizontalidad, superposición, actualismo y uniformismo.</li> <li>4.1. Interpreta algunas manifestaciones del dinamismo terrestre como consecuencia de la tectónica de placas.</li> <li>5.1. Analiza información geológica de la Luna y de otros planetas del Sistema Solar y la compara con la evolución geológica de la Tierra.</li> <li>6.1. Identifica distintas manifestaciones de la Geología en el entorno diario, conociendo algunos de los usos y aplicaciones de esta ciencia en la economía, política, desarrollo sostenible y en la protección del medio ambiente.</li> </ol>
<b>BLOQUE 2.-MINERALES, LOS COMPONENTES DE LAS ROCAS</b>		
<p>Materia mineral y concepto de mineral. Relación entre estructura cristalina, composición química y propiedades de los minerales.</p> <p>Clasificación químico-estructural de los minerales.</p> <p>Formación, evolución y transformación de los minerales. Estabilidad e inestabilidad mineral.</p> <p>Procesos geológicos formadores de minerales y rocas: procesos magmáticos, metamórficos, hidrotermales, supergénicos y sedimentarios.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describir las propiedades que caracterizan a la materia mineral. Comprender su variación como una función de la estructura y la composición química de los minerales. Reconocer la utilidad de los minerales por sus propiedades.</li> <li>2. Conocer los grupos de minerales más importantes según una clasificación químico-estructural. Nombrar y distinguir de visu, diferentes especies minerales.</li> <li>3. Analizar las distintas condiciones físico-químicas en la formación de los minerales. Comprender las causas de la evolución, inestabilidad y transformación mineral utilizando diagramas de fases sencillos.</li> <li>4. Conocer los principales ambientes y procesos geológicos formadores de minerales y rocas. Identificar algunos minerales con su origen más común: magmático, metamórfico, hidrotermal, supergénico y sedimentario.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Identifica las características que determinan la materia mineral, por medio de actividades prácticas con ejemplos de minerales con propiedades contrastadas, relacionando la utilización de algunos minerales con sus propiedades.</li> <li>2.1. Reconoce los diferentes grupos minerales, identificándolos por sus características físico-químicas. Reconoce por medio de una práctica <i>de visu</i> algunos de los minerales más comunes.</li> <li>3.1. Compara las situaciones en las que se originan los minerales, interpretando tablas según sus condiciones físico-químicas de estabilidad. Conoce algunos ejemplos de evolución y transformación mineral por medio de diagramas de fases.</li> <li>4.1. Compara los diferentes ambientes y procesos geológicos en los que se forman los minerales y las rocas. Identifica algunos minerales como característicos de cada uno de los procesos geológicos de formación.</li> </ol>
<b>BLOQUE 3.-ROCAS ÍGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS</b>		
<p>Concepto de roca y descripción de sus principales características. Criterios de clasificación. Clasificación de los principales grupos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.</p> <p>El origen de las rocas ígneas. Conceptos y propiedades de los magmas. Evolución y diferenciación magmática.</p> <p>El origen de las rocas sedimentarias. El proceso sedimentario: meteorización, erosión, transporte, depósito y diagénesis. Cuencas y ambientes sedimentarios.</p> <p>El origen de las rocas metamórficas. Tipos de metamorfismo. Facies metamórficas y condiciones físico-químicas de formación.</p> <p>Fluidos hidrotermales y su expresión en superficie. Depósitos hidrotermales y procesos metasomáticos.</p> <p>Magmatismo, sedimentación, metamorfismo e hidrotermalismo en el marco de la tectónica de placas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diferenciar e identificar por sus características distintos tipos de formaciones de rocas. Identificar los principales grupos de rocas ígneas (plutónicas y volcánicas, sedimentarias y metamórficas).</li> <li>2. Conocer el origen de las rocas ígneas, analizando la naturaleza de los magmas y comprendiendo los procesos de generación, diferenciación y emplazamiento de los magmas.</li> <li>3. Conocer el origen de los sedimentos y las rocas sedimentarias, analizando el proceso sedimentario desde la meteorización a la diagénesis. Identificar las los diversos tipos de medios sedimentarios.</li> <li>4. Conocer el origen de las rocas metamórficas, diferenciando las facies metamórficas en función de las condiciones físico-químicas.</li> <li>5. Conocer la naturaleza de los fluidos hidrotermales, los depósitos y los procesos metasomáticos asociados.</li> <li>6. Comprender la actividad ígnea, sedimentaria, metamórfica e hidrotermal como fenómenos asociados a la tectónica de placas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Identifica mediante una prueba visual, ya sea en fotografías y/o con muestras reales, distintas variedades y formaciones de rocas, realizando ejercicios prácticos en el aula y elaborando tablas comparativas de sus características.</li> <li>2.1. Describe la evolución del magma según su naturaleza, utilizando diagramas y cuadros sinópticos.</li> <li>3.1. Comprende y describe el proceso de formación de las rocas sedimentarias, desde la meteorización del área fuente, pasando por el transporte y depósito, a la diagénesis, utilizando un lenguaje científico adecuado a su nivel académico.</li> <li>3.2. Comprende y describe los conceptos de facies sedimentarias y medios sedimentarios, identificando y localizando algunas sobre un mapa y/o en su entorno geográfico - geológico.</li> <li>4.1. Comprende el concepto de metamorfismo y los distintos tipos existentes, asociándolos a las diferentes condiciones de presión y temperatura.</li> <li>4.2. Es capaz de elaborar cuadros sinópticos comparando los distintos tipos de metamorfismo.</li> <li>5.1. Comprende el concepto de fluidos hidrotermales, utilizando datos, imágenes y vídeos en la red sobre fumarolas y géiseres actuales, identificando los depósitos asociados.</li> <li>6.1. Comprende y explica los fenómenos ígneos, sedimentarios, metamórficos e hidrotermales en relación con la tectónica de placas.</li> </ol>

CONTENIDOS	CRITERIOS EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<b>BLOQUE 4.–LA TECTÓNICA DE PLACAS, UNA TEORÍA GLOBAL</b>		
<p>Cómo es el mapa de las placas tectónicas. Cuánto y cómo se mueven. Por qué se mueven. Deformación de las rocas: frágil y dúctil. Principales estructuras geológicas: pliegues y fallas. Orógenos actuales y antiguos. Relación de la tectónica de placas con distintos aspectos geológicos. La tectónica de placas y la historia de la Tierra.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer cómo es el mapa actual de las placas tectónicas. Comparar este mapa con los mapas simplificados.</li> <li>2. Conocer cuánto, cómo y por qué se mueven las placas tectónicas.</li> <li>3. Comprender cómo se deforman las rocas.</li> <li>4. Describir las principales estructuras geológicas.</li> <li>5. Describir las características de un orógeno.</li> <li>6. Relacionar la tectónica de placas con algunos aspectos geológicos: relieve, clima y cambio climático, variaciones del nivel del mar, distribución de rocas, estructuras geológicas, sismicidad, volcanismo.</li> <li>7. Describir la tectónica de placas a lo largo de la Historia de la Tierra: qué había antes de la tectónica de placas, cuándo comenzó.</li> </ol>	<p>Compara, en diferentes partes del planeta, el mapa simplificado de placas tectónicas con otros más actuales aportados por la geología y la geodesia.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Conoce cómo se mueven las placas tectónicas y busca datos reales del desplazamiento de algunas placas.</li> <li>2.2. Entiende y explica las causas del movimiento de las placas tectónicas a la relación de estos movimientos con la dinámica del interior terrestre.</li> <li>3.1. Comprende y describe cómo se deforman las rocas.</li> <li>4.1. Conoce las principales estructuras geológicas y las principales características de los orógenos.</li> <li>5.1. Explica los principales rasgos del relieve del planeta y su relación con la tectónica de placas.</li> <li>6.1. Comprende y explica la relación entre la tectónica de placas, el clima y las variaciones del nivel del mar.</li> <li>6.2. Conoce y argumenta cómo la distribución de rocas, a escala planetaria, está relacionada por la tectónica de placas.</li> <li>6.3. Relaciona las principales estructuras geológicas (pliegues y fallas) con la tectónica de placas.</li> <li>6.4. Comprende y describe la distribución de la sismicidad y el volcanismo en el marco de la tectónica de placas.</li> <li>7.1. Entiende cómo evoluciona el mapa de las placas tectónicas a lo largo del tiempo. Visiona, a través de programas informáticos, la evolución pasada y futura de las placas.</li> </ol>
<b>BLOQUE 5.–PROCESOS GEOLÓGICOS EXTERNOS</b>		
<p>Las interacciones geológicas en la superficie terrestre. La meteorización y los suelos. Los movimientos de ladera: factores que influyen en los procesos. Tipos. Acción geológica del agua. –Distribución del agua en la Tierra. Ciclo hidrológico. –Aguas superficiales: procesos y formas resultantes. –Glaciares: tipos, procesos y formas resultantes. –El mar: olas, mareas y corrientes de deriva. Procesos y formas resultantes. Acción geológica del viento: procesos y formas resultantes. Los desiertos. La litología y el relieve (relieve kárstico, granítico). La estructura y el relieve. Relieves estructurales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconocer la capacidad transformadora de los procesos externos.</li> <li>2. Identificar el papel de la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera (incluida la acción antrópica) en la transformación del relieve.</li> <li>3. Distinguir la energía solar y la gravedad como motores de los procesos externos.</li> <li>4. Conocer los principales procesos de meteorización física y química. Entender los procesos de edafogénesis y conocer los principales tipos de suelos.</li> <li>5. Comprender los factores que influyen en los movimientos de ladera y conocer los principales tipos.</li> <li>6. Analizar la distribución del agua en el planeta Tierra y el ciclo hidrológico.</li> <li>7. Analizar la influencia de la escorrentía superficial como agente modelador y diferenciar sus formas resultantes.</li> <li>8. Comprender los procesos glaciares y sus formas resultantes.</li> <li>9. Comprender los procesos geológicos derivados de la acción marina y formas resultantes.</li> <li>10. Comprender los procesos geológicos derivados de la acción eólica y relacionarlos con las formas resultantes.</li> <li>11. Entender la relación entre la circulación general atmosférica y la localización de los desiertos.</li> <li>12. Conocer algunos relieves singulares condicionados por la litología (modelado kárstico y granítico).</li> <li>13. Relacionar las estructuras geológicas con el relieve resultante.</li> <li>14. Relacionar el relieve existente con los agentes y los procesos geológicos externos que han actuado en paisajes reales.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Comprende y analiza cómo los procesos externos transforman el relieve.</li> <li>2.1. Identifica el papel de la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera (incluida la acción antrópica) en la transformación del relieve.</li> <li>3.1. Analiza el papel de la radiación solar y de la gravedad como motores de los procesos geológicos externos.</li> <li>4.1. Diferencia los tipos de meteorización.</li> <li>4.2. Conoce los principales procesos edafogénicos y su relación con los tipos de suelos.</li> <li>5.1. Identifica los factores que favorecen o dificultan los movimientos de ladera y conoce sus principales tipos.</li> <li>6.1. Conoce la distribución del agua en el planeta y comprende y describe el ciclo hidrológico.</li> <li>7.1. Relaciona los procesos de escorrentía superficial y sus formas resultantes.</li> <li>8.1. Diferencia las formas resultantes del modelado glacial, asociándolas con su proceso correspondiente.</li> <li>9.1. Comprende la dinámica marina y relaciona las formas resultantes con su proceso correspondiente.</li> <li>10.1. Diferencia formas resultantes del modelado eólico.</li> <li>11.1. Localiza en un mapa los principales desiertos y explica las razones de su existencia en relación con la circulación general atmosférica.</li> <li>12.1. Relaciona algunos relieves singulares con el tipo de roca.</li> <li>13.1. Relaciona algunos relieves singulares con la estructura geológica subyacente.</li> <li>14.1. A través de fotografías o de visitas con Google Earth a diferentes paisajes locales o regionales relaciona el relieve con los agentes y los procesos geológicos externos.</li> </ol>
<b>BLOQUE 6.–TIEMPO GEOLÓGICO Y GEOLOGÍA HISTÓRICA</b>		
<p>El tiempo en Geología. El debate sobre la edad de la Tierra. Uniformismo frente a Catastrofismo. El registro estratigráfico. El método del actualismo: aplicación a la reconstrucción paleoambiental. Estructuras sedimentarias y biogénicas. Paleoclimatología. Métodos de datación: geocronología relativa y absoluta. Principio de superposición de los estratos. Fósiles. Bioestratigrafía. Los métodos radiométricos de datación absoluta. Unidades geocronológicas y cronoestratigráficas. La Tabla de Tiempo Geológico. Geología Histórica. Evolución geológica y biológica de la Tierra desde el Arcaico a la actualidad, resaltando los principales eventos. Primates y evolución del género Homo. Cambios climáticos naturales. Cambio climático inducido por la actividad humana.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analizar el concepto del tiempo geológico y entender la naturaleza del registro estratigráfico y la duración de diferentes fenómenos geológicos.</li> <li>2. Entender la aplicación del método del actualismo a la reconstrucción paleoambiental. Conocer algunos tipos de estructuras sedimentarias y biogénicas y su aplicación. Utilizar los indicadores paleoclimáticos más representativos.</li> <li>3. Conocer los principales métodos de datación absoluta y relativa. Aplicar el principio de superposición de estratos y derivados para interpretar cortes geológicos. Entender los fósiles guía como pieza clave para la datación bioestratigráfica.</li> <li>4. Identificar las principales unidades cronoestratigráficas que conforman la tabla de tiempo geológico.</li> <li>5. Conocer los principales eventos globales acontecidos en la evolución de la Tierra desde su formación.</li> <li>6. Diferenciar los cambios climáticos naturales y los inducidos por la actividad humana.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Argumenta sobre la evolución del concepto de tiempo geológico y la idea de la edad de la Tierra a lo largo de historia del pensamiento científico.</li> <li>2.1. Entiende el concepto de estrato y sus partes y la contribución de la estratigrafía a la reconstrucción de la Historia de la Tierra.</li> <li>2.2. Conoce el origen de algunas estructuras sedimentarias originadas por corrientes (ripples, estratificación cruzada) y biogénicas (galerías, pistas) y las utiliza para la reconstrucción paleoambiental.</li> <li>3.1. Conoce y utiliza los métodos de datación relativa y de las interrupciones en el registro estratigráfico a partir de la interpretación de cortes geológicos y correlación de columnas estratigráficas.</li> <li>4.1. Conoce las unidades cronoestratigráficas, mostrando su manejo en actividades y ejercicios.</li> <li>5.1. Analiza algunos de los cambios climáticos, biológicos y geológicos que han ocurrido en las diferentes era geológicas, confeccionando resúmenes explicativos o tablas.</li> <li>6.1. Relaciona fenómenos naturales con cambios climáticos y valora la influencia de la actividad humana.</li> </ol>
<b>BLOQUE 7.–RIESGOS GEOLÓGICOS</b>		
<p>Los riesgos naturales: riesgo, peligrosidad, vulnerabilidad, coste. Clasificación de los riesgos naturales: endógenos, exógenos y extraterrestres. Principales riesgos endógenos: terremotos y volcanes. Principales riesgos exógenos: movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral. Análisis y gestión de riesgos: cartografías de inventario, susceptibilidad y peligrosidad. Prevención: campañas y medidas de autoprotección.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer los principales términos en el estudio de los riesgos naturales.</li> <li>2. Caracterizar los riesgos naturales en función de su origen: endógeno, exógeno y extraterrestre.</li> <li>3. Analizar en detalle alguno de los principales fenómenos naturales: terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral.</li> <li>4. Comprender la distribución de estos fenómenos naturales en nuestro país y saber dónde hay mayor riesgo.</li> <li>5. Entender las cartografías de riesgo.</li> <li>6. Valorar la necesidad de llevar a cabo medidas de autoprotección contra los riesgos geológicos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Conoce y utiliza los principales términos en el estudio de los riesgos naturales: riesgo, peligrosidad, vulnerabilidad y coste.</li> <li>2.1. Conoce los principales riesgos naturales y los clasifica en función de su origen endógeno, exógeno o extraterrestre.</li> <li>3.1. Analiza casos concretos de los principales fenómenos naturales que ocurren en nuestro país: terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral.</li> <li>4.1. Conoce los riesgos más importantes en nuestro país y relaciona su distribución con determinadas características de cada zona.</li> <li>5.1. Interpreta las cartografías de riesgo.</li> <li>6.1. Conoce y valora las medidas de prevención y las de autoprotección contra los riesgos geológicos.</li> <li>6.2. Conoce los principales fenómenos geológicos acontecidos recientemente tanto en el planeta como en el ámbito local, y valora los riesgos asociados a los mismos.</li> </ol>
<b>BLOQUE 8.–RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS. AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>		
<p>Recursos renovables y no renovables. Clasificación utilitaria de los recursos minerales y energéticos. Yacimiento mineral. Conceptos de reservas y leyes. Principales tipos de interés económico a nivel mundial. Exploración, evaluación y explotación sostenible de recursos minerales y energéticos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprender los conceptos de recursos renovables y no renovables, e identificar los diferentes tipos de recursos naturales de tipo geológico.</li> <li>2. Clasificar los recursos minerales y energéticos en función de su utilidad.</li> <li>3. Explicar el concepto de yacimiento mineral como recurso explotable, distinguiendo los principales tipos de interés económico.</li> <li>4. Conocer las diferentes etapas y técnicas empleadas en la exploración, evaluación y explotación sostenible de los recursos minerales y energéticos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Conoce e identifica los recursos naturales como renovables o no renovables.</li> <li>2.1. Identifica la procedencia de los materiales y objetos que le rodean y realiza una tabla sencilla donde se indique la relación entre la materia prima y estos materiales u objetos.</li> <li>3.1. Localiza información en la red de diversos tipos de yacimientos, y relacionarlos con alguno de los procesos geológicos formadores de minerales y de rocas.</li> <li>4.1. Elabora tablas y gráficos sencillos a partir de datos económicos de explotaciones mineras.</li> </ol>

CONTENIDOS	CRITERIOS EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<p>La gestión y protección ambiental en las explotaciones de recursos minerales y energéticos.</p> <p>El ciclo hidrológico y las aguas subterráneas. Nivel freático, acuíferos y surgencias. La circulación del agua a través de los materiales geológicos.</p> <p>El agua subterránea como recurso natural: captación y explotación sostenible. Posibles problemas ambientales: salinización de acuíferos, subsidencia y contaminación.</p>	<p>5. Entender la gestión y protección ambiental como una cuestión inexcusable para cualquier explotación de los recursos minerales y energéticos.</p> <p>6. Explicar diversos conceptos relacionados con las aguas subterráneas como: acuíferos y sus tipos, el nivel freático, manantiales, y surgencias y sus tipos, además de conocer la circulación del agua a través de los materiales geológicos.</p> <p>7. Valorar el agua subterránea como recurso y la influencia humana en su explotación. Conocer los posibles efectos ambientales de una inadecuada gestión.</p>	<p>5.1. Recopila información o visita alguna explotación minera concreta y emite una opinión crítica fundamentada en los datos obtenidos y/o en las observaciones realizadas.</p> <p>6.1. Conoce y relaciona los conceptos de aguas subterráneas, nivel freático y surgencias de agua y circulación del agua.</p> <p>7.1. Comprende y valora la influencia humana en la gestión las aguas subterráneas, expresando tu opinión sobre los efectos de la misma en medio ambiente.</p>
<b>BLOQUE 9.-GEOLOGÍA DE ESPAÑA</b>		
<p>Principales dominios geológicos de la Península Ibérica, Baleares y Canarias.</p> <p>Principales eventos geológicos en la Historia de la Península Ibérica, Baleares y Canarias: origen del Atlántico, Cantábrico y Mediterráneo, formación de las principales cordilleras y cuencas.</p>	<p>1. Conocer los principales dominios geológicos de España: Varisco, orógenos alpinos, grandes cuencas, Islas Canarias.</p> <p>2. Entender los grandes acontecimientos de la historia de la Península Ibérica y Baleares.</p> <p>3. Conocer la historia geológica de las Islas Canarias en el marco de la tectónica de placas.</p> <p>4. Entender los eventos geológicos más singulares acontecidos en la península Ibérica, Baleares y Canarias, y en los mares y océanos que las rodean.</p>	<p>1.1. Conoce la geología básica de España identificando los principales dominios sobre mapas físicos y geológicos.</p> <p>2.1. Comprende el origen geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, y utiliza la tecnología de la información para interpretar mapas y modelos gráficos que simulen la evolución de la península, las islas y mares que los rodean.</p> <p>3.1. Conoce y enumera los principales acontecimientos geológicos que han ocurrido en el planeta, que están relacionados con la historia de Iberia, Baleares y Canarias.</p> <p>4.1. Integra la geología local (ciudad, provincia y/o comunidad autónoma) con los principales dominios geológicos, la historia geológica del planeta y la tectónica de placas.</p>
<b>BLOQUE 10.-GEOLOGÍA DE CAMPO</b>		
<p>La metodología científica y el trabajo de campo. Normas de seguridad y autoprotección en el campo.</p> <p>Técnicas de interpretación cartográfica y orientación. Lectura de mapas geológicos sencillos.</p> <p>De cada práctica de campo:</p> <p>—Geología local, del entorno del centro educativo, o del lugar de la práctica, y Geología regional.</p> <p>—Recursos y riesgos geológicos.</p> <p>—Elementos singulares del patrimonio geológico del lugar donde se realiza la práctica.</p>	<p>1. Conocer las principales técnicas que se utilizan en la Geología de campo y manejar algunos instrumentos básicos.</p> <p>2. Leer mapas geológicos sencillos de una comarca o región.</p> <p>3. Observar los principales elementos geológicos de los itinerarios.</p> <p>4. Utilizar las principales técnicas de representación de datos geológicos.</p> <p>5. Integrar la geología local del itinerario en la Geología regional.</p> <p>6. Reconocer los recursos y procesos activos.</p> <p>7. Entender las singularidades del patrimonio geológico.</p>	<p>1.1. Utiliza el material de campo (martillo, cuaderno, lupa, brújula).</p> <p>2.1. Lee mapas geológicos sencillos, fotografías aéreas e imágenes de satélite que contrasta con las observaciones en el campo.</p> <p>3.1. Conoce y describe los principales elementos geológicos del itinerario.</p> <p>3.2. Observa y describe afloramientos.</p> <p>3.3. Reconoce y clasifica muestras de rocas, minerales y fósiles.</p> <p>4.1. Utiliza las principales técnicas de representación de datos geológicos: (columnas estratigráficas, cortes geológicos sencillos, mapas geotemáticos).</p> <p>5.1. Reconstruye la historia geológica de la región e identifica los procesos activos.</p> <p>6.1. Conoce y analiza sus principales recursos y riesgos geológicos.</p> <p>7.1. Comprende la necesidad de apreciar, valorar, respetar y proteger los elementos del patrimonio geológico.</p>

#### **ANEXO 4**

Ce cabinet était un véritable musée. Tous les échantillons du règne minéral s’y trouvaient étiquetés avec l’ordre le plus parfait, suivant les trois grandes divisions des minéraux inflammables, métalliques et lithoïdes. Comme je les connaissais, ces bibelots de la science minéralogique ! Que de fois, au lieu de muséer avec des garçons de mon âge, je m’étais plu à épousseter ces graphites, ces anthracites, ces houilles, ces lignites, ces tourbes ! Et les bitumes, les résines, les sels organiques qu’il fallait préserver du moindre atome de poussière ! Et ces métaux, depuis le fer jusqu’à l’or, dont la valeur relative disparaissait devant l’égalité absolue des spécimens scientifiques ! Et toutes ces pierres qui eussent suffi à reconstruire la maison de Königstrasse, même avec une belle chambre de plus, dont je me serais si bien arrangé !

#### **ANEXO 5**

Era éste un verdadero museo. Todos los ejemplares del reino mineral se hallaban rotulados en él y ordenados del modo más perfecto, con arreglo a las tres grandes divisiones que los clasifican en inflamables, metálicos y litoideos. ¡Cuán familiares me eran aquellas chucherías de la ciencia mineralógica! ¡Cuántas veces, en vez de irme a jugar con los muchachos de mi edad, me había entretenido en quitar el polvo a aquellos grafitos, y antracitas, y hullas, y lignitos y turbas! ¡Y los betunes, y resinas, y sales orgánicas que era preciso preservar del menor átomo de polvo! ¡Y aquellos metales, desde el hierro hasta el oro, cuyo valor relativo desaparecía ante la igualdad absoluta de los ejemplares científicos! ¡Y todos aquellos pedruscos que hubiesen bastado para reconstruir la casa de la Königstrasse, hasta con una buena habitación suplementaria en la que me habría yo instalado con toda comodidad!

#### **ANEXO 6**

« Allons, dis-je, je suis forcé d’en convenir, la phrase de Saknussem est claire et ne peut laisser aucun doute à l’esprit. J’accorde même que le document a un air de parfaite authenticité. Ce savant est allé au fond du Sneffels ; il a vu l’ombre du Scartaris caresser les bords du cratère avant les calendes de juillet ; il a même entendu raconter dans les récits légendaires de son temps que ce cratère aboutissait au centre de la terre ; mais quant à y être parvenu lui-même, quant à avoir fait le voyage et à en être revenu, s’il l’a entrepris, non, cent fois non !

— Et la raison ? dit mon oncle d’un ton singulièrement moqueur.

— C’est que toutes les théories de la science démontrent qu’une pareille entreprise est impraticable !

— Toutes les théories disent cela ? répondit le professeur en prenant un air bonhomme. Ah ! les vilaines théories ! comme elles vont nous gêner, ces pauvres théories ! »

Je vis qu’il se moquait de moi, mais je continuai néanmoins.

« Oui ! il est parfaitement reconnu que la chaleur augmente environ d’un degré par soixante-dix pieds de profondeur au-dessous de la surface du globe ; or, en admettant cette proportionnalité constante, le rayon terrestre étant de quinze cents lieues, il existe au centre une température de deux millions de degrés. Les matières de l’intérieur de la terre se trouvent donc à l’état de gaz incandescent, car les métaux, l’or, le platine, les roches les plus dures, ne résistent pas à une pareille chaleur. J’ai donc le droit de demander s’il est possible de pénétrer dans un semblable milieu !

— Ainsi, Axel, c’est la chaleur qui t’embarrasse ?

— Sans doute. Si nous arrivions à une profondeur de dix lieues seulement, nous serions parvenus à la limite de l’écorce terrestre, car déjà la température est supérieure à treize cents degrés.

— Et tu as peur d’entrer en fusion ?

— Je vous laisse la question à décider, répondis-je avec humeur.

— Voici ce, que je décide, répondit le professeur Lidenbrock en prenant ses grands airs ; c’est que ni toi ni personne ne sait d’une façon certaine ce qui se passe à l’intérieur du globe, attendu qu’on connaît à peine la douze millième partie de son rayon ; c’est que la science est éminemment perfectible et que chaque théorie est incessamment détruite par une théorie nouvelle. N’a-t-on pas cru jusqu’à Fourier que la température des espaces planétaires allait toujours diminuant, et ne sait-on pas aujourd’hui que les plus grands froids des régions éthérées ne dépassent pas quarante ou cinquante degrés au-dessous de zéro ? Pourquoi n’en serait-il pas ainsi de la chaleur interne ? Pourquoi, à une certaine profondeur, n’atteindrait-elle pas une limite infranchissable, au lieu de s’élever jusqu’au degré de fusion des minéraux les plus réfractaires ? »

Mon oncle plaçant la question sur le terrain des hypothèses, je n’eus rien à répondre.

« Eh bien, je te dirai que de véritables savants, Poisson entre autres, ont prouvé que, si une chaleur de deux millions de degrés existait à l’intérieur du globe, les gaz incandescents provenant des matières fondues acquerraient une élasticité telle que l’écorce terrestre ne pourrait y résister et éclaterait comme les parois d’une chaudière sous l’effort de la vapeur.

— C’est l’avis de Poisson, mon oncle, voilà tout.

— D’accord, mais c’est aussi l’avis d’autres géologues distingués, que l’intérieur du globe n’est formé ni de gaz ni d’eau, ni des plus lourdes pierres que nous connaissions, car, dans ce cas, la terre aurait un poids deux fois moindre.

— Oh ! avec les chiffres on prouve tout ce qu’on veut !

— Et avec les faits, mon garçon, en est-il de même ? N'est-il pas constant que le nombre des volcans a considérablement diminué depuis les premiers jours du monde, et, si chaleur centrale il y a, ne peut-on en conclure qu'elle tend à s'affaiblir ?

— Mon oncle, si vous entrez dans le champ des suppositions, je n'ai plus à discuter.

— Et moi j'ai à dire qu'à mon opinion se joignent les opinions de gens fort compétents. Te souviens-tu d'une visite que me fit le célèbre chimiste anglais Humphry Davy en 1825 ?

— Aucunement, car je ne suis venu au monde que dix-neuf ans après.

— Eh bien, Humphry Davy vint me voir à son passage à Hambourg. Nous discutâmes longtemps, entre autres questions, l'hypothèse de la liquidité du noyau intérieur de la terre. Nous étions tous deux d'accord que cette liquidité ne pouvait exister, par une raison à laquelle la science n'a jamais trouvé de réponse.

— Et laquelle ? dis-je un peu étonné.

— C'est que cette masse liquide serait sujette comme l'Océan, à l'attraction de la lune, et conséquemment, deux fois par jour, il se produirait des marées intérieures qui, soulevant l'écorce terrestre, donneraient lieu à des tremblements de terre périodiques !

— Mais il est pourtant évident que la surface du globe a été soumise à la combustion, et il est permis de supposer que la croûte extérieure s'est refroidie d'abord, tandis que la chaleur se réfugiait au centre.

— Erreur, répondit mon oncle ; la terre a été échauffée par la combustion de sa surface, et non autrement. Sa surface était composée d'une grande quantité de métaux, tels que le potassium, le sodium, qui ont la propriété de s'enflammer au seul contact de l'air et de l'eau ; ces métaux prirent feu quand les vapeurs atmosphériques se précipitèrent en pluie sur le sol, et peu à peu, lorsque les eaux pénétrèrent dans les fissures de l'écorce terrestre, elles déterminèrent de nouveaux incendies avec explosions et éruptions. De là les volcans si nombreux aux premiers jours du monde.

— Mais voilà une ingénieuse hypothèse ! m'écriai-je un peu malgré moi.

— Et qu'Humphry Davy me rendit sensible, ici même, par une expérience bien simple. Il composa une boule métallique faite principalement des métaux dont je viens de parler, et qui figurait parfaitement notre globe ; lorsqu'on faisait tomber une fine rosée à sa surface, celle-ci se boursoufflait, s'oxydait et formait une petite montagne ; un cratère s'ouvrait à son sommet ; l'éruption avait lieu et communiquait à toute la boule une chaleur telle qu'il devenait impossible de la tenir à la main. »

Vraiment, je commençais à être ébranlé par les arguments du professeur ; il les faisait valoir d'ailleurs avec sa passion et son enthousiasme habituels.

« Tu le vois, Axel, ajouta-t-il, l'état du noyau central a soulevé des hypothèses diverses entre les géologues ; rien de moins prouvé que ce fait d'une chaleur interne ; suivant moi, elle n'existe pas ; elle ne saurait exister ; nous le verrons, d'ailleurs, et, comme Arne Saknussemm, nous saurons à quoi nous en tenir sur cette grande question.

Eh bien ! oui, répondis-je en me sentant gagner à cet enthousiasme ; oui, nous le verrons, si on y voit toutefois.

— Et pourquoi pas ? Ne pouvons-nous compter sur des phénomènes électriques pour nous éclairer, et même sur l'atmosphère, que sa pression peut rendre lumineuse en s'approchant du centre ?

— Oui, dis-je, oui ! cela est possible, après tout,

— Cela est certain, répondit triomphalement mon oncle ; mais silence, entends-tu ! silence sur tout ceci, et que personne n'ait idée de découvrir avant nous le centre de la terre »

## ANEXO 7

—Bien —dije—, tengo que convenir en que la frase de Saknussemm es perfectamente clara y no puede dejar duda alguna al espíritu. Estoy conforme también en que el documento tiene todos los caracteres de una autenticidad perfecta. Ese sabio bajó al fondo del Sneffels, vio la sombra del Scartaris acariciar los bordes del cráter antes de las calendas de julio y relataron las leyendas de su tiempo que aquel cráter conducía al centro del globo: hasta aquí, estamos conformes; pero admitir que él en persona fue al centro de la tierra y que volvió de allá sano y salvo, eso, no; ¡mil veces no!

—¿Y en qué fundas tu negativa?—dijo mi tío. con un tono singularmente burlón.

—En que todas las teorías de la ciencia demuestran que la empresa es impracticable del todo.

—¿Todas las teorías dicen eso? —replicó el profesor, haciéndose el inocente—. ¡Ah, pícaras teorías! ¡Cuánto van a darnos que hacer!

Aun comprendiendo que se burlaba de mí, proseguí:

—Es un hecho por todos admitido que la temperatura aumenta un grado por cada setenta pies que se desciende en la corteza terrestre; y admitiendo que este aumento sea constante, y siendo de 1.500 leguas la longitud del radio de la tierra, claro es que se disfruta en su centro de una temperatura de dos millones de grados. Así, pues. las materias que existen en el interior de nuestro planeta se encuentran en estado gaseoso incandescente, porque los metales, el oro, el platino, las rocas más duras. no resisten semejante calor. ¿No tengo: pues, derecho a afirmar que es imposible penetrar en un medio semejante?

—¿De modo, Axel, que es el calor lo que a ti te infunde respeto?

—Sin ningún género de duda. Con sólo descender a una profundidad de diez leguas, habríamos llegado al límite de la corteza terrestre, porque ya la temperatura sería allí superior a 300°.

—¿Es que temes liquidarte?

—Mi terror no es infundado —le contesté algo mohíno.

—Te digo —replicó el profesor, adoptando su aire magistral de costumbre—, que ni tú ni nadie sabe de manera cierta lo que ocurre dentro de nuestro globo, ya que apenas se conoce la docemilésima parte de su radio. La ciencia es eminentemente susceptible de perfeccionamiento y cada teoría es a cada momento obstruida por otra teoría nueva. ¿No se creyó, hasta que demostró Fourier lo contrario, que la temperatura de los espacios interplanetarios decrecía sin cesar, y no se sabe hoy que las temperaturas inferiores de las regiones etéreas nunca descienden de cuarenta o cincuenta grados bajo cero? ¿Y por qué no ha de suceder otro tanto con el calor interior? ¿Por qué, a partir de cierta profundidad, no ha de alcanzar un límite insuperable, en lugar de elevarse hasta el grado de fusión de los más refractarios minerales?

Como mi tío colocaba la cuestión en un terreno hipotético, nada podía responderle.

—Pues bien —prosiguió—, te diré que verdaderos sabios, entre los que se encuentra Poisson, han demostrado que si existiese en el interior de la tierra una temperatura de dos millones de grados, los gases de ignición, procedentes de las sustancias fundidas, adquirirían una tensión tal que la corteza terrestre no podría soportarla y estallaría como una caldera bajo la presión del vapor.

—Eso, tío, no pasa de ser una opinión de Poisson.

—Concedido; pero es que opinan también otros distinguidos geólogos que el interior de la tierra no se halla formado de gases, ni de agua, ni de las rocas más pesadas que conocemos. porque, en este caso, el peso de nuestro planeta sería dos veces menor.

—¡Oh! por medio de guarismos es bien fácil demostrar todo lo que se desea.

—¿Y no ocurre lo mismo con los hechos, hijo mío? ¿No es un hecho probado que el número de volcanes ha disminuido considerablemente desde el principio del mundo? ¿Y no es esto una prueba de que el calor central, si es que existe, tiende a debilitarse por días?

—Si sigue usted engolfándose en el mar de las hipótesis, es inútil toda discusión.

—Y has de saber que de mi opinión participan los hombres más competentes. ¿Te acuerdas de una visita que me hizo el célebre químico inglés *Humphry* Davy, en 1825?

—¿Cómo me he de acordar, si vine al mundo diez y nueve años después?

—Pues bien, Hunfredo Davy vino a verme a su paso por Hamburgo, y discutimos largo tiempo, entre otras muchas cuestiones, la hipótesis de que el interior de la tierra se hallase en estado líquido, quedando los dos de acuerdo en que esto no era posible, por una razón que la ciencia no ha podido jamás refutar.

—¿Y qué razón es esa?

—Que esa masa líquida estaría expuesta, lo mismo que los océanos, a la atracción de la luna. produciéndose. por tanto dos marcas interiores diarias que, levantando la corteza terrestre, originaría terremotos periódicos.

—Sin embargo, es evidente que la superficie del globo ha sufrido una combustión, y cabe, por lo tanto. suponer que la corteza exterior se ha ido enfriando, refugiándose el calor en el centro de la tierra.

—Eso es un claro error —dijo mi tío—; el calor de la tierra no reconoce otro origen que la combustión de su superficie. Hallábase ésta formada de una gran cantidad de metales, tales como el potasio y el sodio, que tienen la propiedad de inflamarse al solo contacto del aire y del agua; estos metales ardieron cuando los vapores atmosféricos se precipitaron sobre ellos en forma de lluvia, y, poco a poco, a medida que penetraban las aguas por las hendeduras de la corteza terrestre, fueron determinando nuevos incendios, acompañados de explosiones y erupciones. He aquí la causa de que fuesen tan numerosos los volcanes en los primeros días del mundo.

—¡Es ingeniosa la hipótesis! —Hube de exclamar sin querer.

—Hunfredo Davy me la demostró palpablemente aquí mismo mediante un experimento sencillo. Fabricó una esfera metálica. en cuya composición entraban principalmente los metales mencionados, y que tenía exactamente la forma de nuestra tierra. Cuando se hacía caer sobre su superficie un finísimo rocío, hinchábase aquélla, oxidábase y formaba una pequeña montaña, en cuya cumbre se abría momentos después mi cráter. Sobrevenía una erupción y era tan grande el calor que ésta comunicaba a la esfera, que se hacía imposible el sostenerla en la mano.

Si he de ser del todo franco, empezaban a convencerme los argumentos del profesor, cuya pasión y entusiasmo habituales les inferían mayor fuerza y valor.

—Ya ves, Axel —añadió—, que el estado del núcleo central ha suscitado muy diversas hipótesis entre los mismos geólogos: no hay nada que demuestre la existencia de ese calor interior; a mi entender, no existe ni puede existir; pero ya lo comprobaremos nosotros, y, a semejanza de Arne Saknussemm, sabremos a qué atenernos sobre tan discutida cuestión.

—Sí, sí; ya lo veremos —contesté, dejándome arrastrar por su entusiasmo—; lo veremos, si es que se ve en aquellos apartados lugares.

—¿Y por qué no? ¿No podremos contar para alumbrarnos con los fenómenos eléctricos, y aun con la misma atmósfera, cuya propia presión puede hacerla luminosa en las proximidades del centro de la tierra?

—En efecto —respondí—, es muy posible.

—No posible, sino cierto —replicó triunfalmente mi tío—; pero silencio, ¿me entiendes? Guarda el más impenetrable sigilo acerca de todo esto, para que a nadie se le ocurra la idea de descubrir antes que nosotros, el centro de nuestro planeta.

#### **ANEXO 8**

Aussi le nom de Lidenbrock retentissait avec honneur dans les gymnases et les associations nationales. MM. Humphry Davy, de Humboldt, les capitaines Franklin et Sabine, ne manquèrent pas de lui rendre visite à leur passage à Hambourg. MM. Becquerel, Ebelmen, Brewster, Dumas, Milne-Edwards, Sainte-Claire-Deville, aimaient à le consulter sur des questions les plus palpitantes de la chimie. Cette science lui devait d'assez belles découvertes, et, en 1853, il avait paru à Leipzig un Traité de Cristallographie transcendante, par le professeur Otto Lidenbrock, grand in-folio avec planches, qui cependant ne fit pas ses frais.

#### **ANEXO 9**

Por eso el nombre de Lidenbrock gozaba de gran predicamento en los gimnasios y asociaciones nacionales. Humphry Davy, de Humboldt y los capitanes Franklin y Sabine no dejaban de visitarle a su paso por Hamburgo. Becquerel, Ebelmen, Brewster, Dumas y Milne-Edwards solían consultarle las cuestiones más palpitantes de la química. Esta ciencia le era deudora de magníficos descubrimientos, y, en 1853, había aparecido en Leipzig un Tratado de Cristalografía trascendental, por el profesor Otto Lidenbrock, obra en folio, ilustrada con numerosos grabados, que no llegó, sin embargo, a cubrir los gastos de su impresión.

#### **ANEXO 10**

Je ne sais si le plus enragé géologue eût essayé d'étudier, pendant cette descente, la nature des terrains qui l'environnaient. Pour mon compte, je ne m'en inquiétai guère ; qu'ils fussent pliocènes, miocènes, éocènes, crétacés, jurassiques, triasiques, perniens, carbonifères, dévoniens, siluriens ou primitifs, cela me préoccupa peu. Mais le professeur, sans doute, fit ses observations ou prit ses notes, car, à l'une des haltes, il me dit :

« Plus je vais, plus j'ai confiance ; la disposition de ces terrains volcaniques donne absolument raison à la théorie de Davy. Nous sommes en plein sol primordial, sol dans lequel s'est produit l'opération chimique des métaux enflammés au contact de l'air et de l'eau ; je repousse absolument le système d'une chaleur centrale ; d'ailleurs, nous verrons bien. »

#### **ANEXO 11**

No sé si el más entusiasta geólogo hubiera sido capaz de estudiar, durante este descenso, la naturaleza de los terrenos que nos rodeaban. Por lo que respecta a mí, no me preocupé de ello: me importaba muy poco que fuesen pliocenos, miocenos, eocenos, cretáceos, jurásicos, triásicos, pérmicos, carboníferos, devonianos, silúricos o primitivos. Pero el profesor hizo algunas observaciones o tomó ciertas notas, sin duda, porque, en uno de los altos, me dijo:

—Cuanto más veo, mayor es mi confianza; la disposición de estos terrenos volcánicos confirma en absoluto la teoría de Devy. Nos hallamos en pleno suelo primordial, suelo en el cual se ha producido el fenómeno químico de la inflamación de los metales al contacto del aire y del agua. Rechazo en absoluto la teoría de un calor central; por otra parte, pronto vamos a verlo.

#### **ANEXO 12**

Pendant ce temps j'avais réfléchi. Un certain espoir, vague encore, me revenait au cœur. Tout d'abord, une chose m'importait à connaître. J'approchai donc mes lèvres de la muraille, et je dis :

« Mon oncle? »

« Mon enfant? » me fut-il répondu après quelques instants.

« Il faut d'abord savoir quelle distance nous sépare. »

« Cela est facile. »

« Vous avez votre chronomètre? »

« Oui. »

« Eh bien, prenez-le. Prononcez mon nom en notant exactement la seconde où vous parlerez. Je le répéterai, et vous observerez également le moment précis auquel vous arrivera ma réponse. »

« Bien, et la moitié du temps compris entre ma demande et ta réponse indiquera celui que ma voix emploie pour arriver jusqu'à toi. »

« C'est cela, mon oncle »

« Es-tu prêt ? »

« Oui. »

« Eh bien, fais attention, je vais prononcer ton nom. »

J'appliquai mon oreille sur la paroi, et dès que le mot « Axel » me parvint, je répondis immédiatement « Axel, » puis j'attendis.

« Quarante secondes, » dit alors mon oncle ; il s'est écoulé quarante secondes entre les deux mots ; le son met donc vingt secondes à monter. Or, à mille vingt pieds par seconde, cela fait vingt mille quatre cents pieds, ou une lieue et demie et un huitième. »

« Une lieue et demie ! » murmurai-je.

« Eh bien, cela se franchit, Axel ! »

« Mais faut-il monter ou descendre ? »

« Descendre, et voici pourquoi. Nous sommes arrivés à un vaste espace, auquel aboutissent un grand nombre de galeries. Celle que tu as suivie ne peut manquer de t'y conduire, car il semble que toutes ces fentes, ces fractures du globe rayonnent autour de l'immense caverne que nous occupons. Relève-toi donc et reprends ta route ; marche, traîne-toi, s'il le faut, glisse sur les pentes rapides, et tu trouveras nos bras pour te recevoir au bout du chemin. En route, mon enfant, en route ! »

### **ANEXO 13**

Durante este tiempo, yo había reflexionado, y una cierta esperanza, vaga aún, renacía en mi corazón. Ante todo, me importaba conocer una cosa; aproximé mis labios a la pared y dije:

—¡Tío!

—¿Qué quieres, hijo mío?—Contestó al cabo de algunos instantes.

—Es preciso saber, ante todo, qué distancia nos separa.

—Eso es bastante fácil.

—¿Tiene usted su cronómetro?

—Sí.

—Pues bien, tómelo en la mano, y pronuncie usted mi nombre. anotando con toda exactitud el momento en que lo pronuncie. Yo lo repetiré, y usted anota asimismo el instante preciso en que oiga mi respuesta.

—Me parece muy bien. De este modo, la mitad del tiempo que transcurra entre mi pregunta y tu respuesta será el que mi voz emplea para llegar hasta ti.

—Eso es, tío.

—¿Estás listo?

—Sí.

—Pues bien, mucho cuidado, que voy a pronunciar tu nombre.

Apliqué el oído a la pared, y tan pronto como oí la palabra «Axel» repetí a mi vez, «Axel», y esperé.

—Cuarenta segundos —dijo entonces mi tío—; han transcurrido cuarenta segundos entre las dos palabras, de suerte que el sonido emplea veinte segundos para recorrer la distancia que nos separa. Calculando ahora a razón de 1.020 pies por segundo, resultan 20.400 pies, o sea, legua y media y un octavo.

—¡Legua y media! —Murmuré.

—No es difícil salvar esa distancia, Axel.

—Pero, ¿debo marchar hacia arriba o hacia abajo?

—Hacia abajo: voy a explicarte por qué. Hemos llegado a una espaciosa gruta a la cual van a dar gran número de galerías. La que has seguido tú no tiene más remedio que conducirte a ella, porque parece que todas estas fendas, todas estas fracturas del globo convergen hacia la inmensa caverna donde estamos. Levántate, pues, y emprende de nuevo el camino; marcha, arrástrate, si es preciso, deslízate por las pendientes rápidas, que nuestros brazos te esperan para recibirte al final de tu viaje. ¡En marcha, pues, hijo mío! ¡ten ánimo y confianza!

### **ANEXO 14**

Les instruments comprenaient :

1° Un thermomètre centigrade de Eigel, gradué jusqu'à cent cinquante degrés, ce qui me paraissait trop ou pas assez. Trop, si la chaleur ambiante devait monter là, auquel cas nous aurions cuit. Pas assez, s'il s'agissait de mesurer la température de sources ou toute autre matière en fusion.

2° Un manomètre à air comprimé, disposé de manière à indiquer des pressions supérieures à celles de l'atmosphère au niveau de l'Océan. En effet, le baromètre ordinaire n'eût pas suffi, la pression atmosphérique devant augmenter proportionnellement à notre descente au-dessous de la surface de la terre.

3° Un chronomètre de Boissonnas jeune de Genève, parfaitement réglé au méridien de Hambourg.

4° Deux boussoles d'inclinaison et de déclinaison.

5° Une lunette de nuit.



6° Deux appareils de Ruhmkorff, qui, au moyen d'un courant électrique, donnaient une lumière très portative, sûre et peu encombrante.<sup>3</sup>

Les armes consistaient en deux carabines de Purdley More et Co, et de deux revolvers Colt. Pourquoi des armes ? Nous n'avions ni sauvages ni bêtes féroces à redouter, je suppose. Mais mon oncle paraissait tenir à son arsenal comme à ses instruments, surtout à une notable quantité de fulmi-coton inaltérable à l'humidité, et dont la force expansive est fort supérieure à celle de la poudre ordinaire.

Les outils comprenaient deux pics, deux pioches, une échelle de soie, trois bâtons ferrés, une hache, un marteau, une douzaine de coins et pitons de fer, et de longues cordes à nœuds. Cela ne laissait pas de faire un fort colis, car l'échelle mesurait trois cents pieds de longueur.

Enfin, il y avait les provisions ; le paquet n'était pas gros, mais rassurant, car je savais qu'en viande concentrée et en biscuits secs il contenait pour six mois de vivres. Le genièvre en formait toute la partie liquide, et l'eau manquait totalement ; mais nous avions des gourdes, et mon oncle comptait sur les sources pour les remplir ; les objections que j'avais pu faire sur leur qualité, leur température, et même leur absence, étaient restées sans succès.

Pour compléter la nomenclature exacte de nos articles de voyage, je noterai une pharmacie portative contenant des ciseaux à lames mousses, des attelles pour fracture, une pièce de ruban en fil écru, des bandes et compresses, du sparadrap, une palette pour saignée, toutes choses effrayantes ; de plus, une série de flacons contenant de la dextrine, de l'alcool vulnérable, de l'acétate de plomb liquide, de l'éther, du vinaigre et de l'ammoniaque, toutes drogues d'un emploi peu rassurant ; enfin les matières nécessaires aux appareils de Ruhmkorff.

Mon oncle n'avait eu garde d'oublier la provision de tabac, de poudre de chasse et d'amadou, non plus qu'une ceinture de cuir qu'il portait autour des reins et où se trouvait une suffisante quantité de monnaie d'or, d'argent et de papier. De bonnes chaussures, rendues imperméables par un enduit de goudron et de gomme élastique, se trouvaient au nombre de six paires dans le groupe des outils.

#### **ANEXO 15**

Los instrumentos eran:

1. Un termómetro centígrado de Eigel, graduado hasta 150°, lo cual me pareció demasiado e insuficiente. Demasiado, si el calor del ambiente había de alcanzar esta temperatura, pues en semejante caso pereceríamos asados. Insuficiente, si se trataba de medir la temperatura de los manantiales o de cualquier otra materia en fusión.
2. Un manómetro de aire comprimido, dispuesto de manera que marcara las presiones superiores a las de la atmósfera al nivel del mar, toda vez que, debiendo aumentar la presión atmosférica a medida que descendiésemos bajo la superficie de la tierra, el barómetro ordinario no sería suficiente.

3. Un cronómetro de Boissonnas el menor, de Ginebra, perfectamente arreglado al meridiana de Hamburgo.
4. Los brújulas de inclinación y de declinación.
5. Un anteojito para observaciones nocturnas.
6. Los aparatos de Ruhmkorff, que, mediante una corriente eléctrica, daban una luz portátil, muy segura y poco embarazosa.

Las armas consistían en dos carabinas de Purdley More y Compañía, y dos revólveres Colt. ¿Qué objeto tenían estas armas? Supongo que no tendríamos que habérnoslas con salvajes ni animales feroces. Pero mi tío parecía mirar con el mismo cariño su arsenal que sus instrumentos, y especialmente una buena cantidad de algodón pólvora inalterable a la humedad, cuya fuerza explosiva es notablemente superior a la de la pólvora ordinaria.

Como herramientas llevábamos dos picos, dos azadones, una escala de seda, tres bastones herrados, un hacha, un martillo, una docena de cuñas y armellas de hierro, y largas cuerdas con nudos de trecho en trecho. Todo junto formaba un voluminoso fardo, pues la escala medía trescientos pies de longitud.

El paquete que contenía las provisiones no era demasiado grande; pero esto no me preocupaba, pues sabía que encerraba una cantidad de carne concentrada y galleta suficiente para alimentarnos seis meses. El único líquido que llevábamos era ginebra, con absoluta exclusión de toda agua: pero íbamos provistos de calabazas, y mi tío contaba con encontrar manantiales en donde llenarlas, siendo inútiles cuantas observaciones le hice relativas a su calidad, a su temperatura y hasta sobre su ausencia absoluta.

Para completar la nomenclatura exacta de nuestros artículos de viaje, haré mención de un botiquín portátil que contenía unas tijeras de punta redonda, tablillas para fracturas, una pieza de cinta de hilo crudo, vendas y compresas, esparadrapo, y una lanceta para sangrar, cosas que ponían los pelos de punta. Llevábamos, además, una serie de frascos que contenían dextrina, árnica, acetato de plomo líquido, éter, vinagre y amoníaco, drogas todas cuyo empleo no era muy deseable por cierto. Por último, no faltaban tampoco los ingredientes necesarios para los aparatos de Ruhmkorff.

Tampoco olvidó mi tío el aprovisionarse de tabaco, de pólvora de caza y de yesca, ni un cinturón de cuero, que llevaba ceñido a los riñones, y encerraba una buena cantidad de monedas de oro y plata, y de billetes de banco. En el grupo de las herramientas figuraban también seis pares de zapatos de excelente calidad, impermeabilizados merced a una capa de alquitrán y goma elástica.

#### **ANEXO 16**

« D'abord, dit-il, je vais faire des calculs, afin de relever exactement notre situation ; je veux pouvoir, au retour, tracer une carte de notre, voyage, une sorte de section verticale du globe, qui donnera le profil de l'expédition.

— Ce sera fort curieux, mon oncle ; mais vos observations auront-elles un degré suffisant de précision ?

— Oui. J’ai noté avec soin les angles et les pentes ; je suis sûr de ne point me tromper. Voyons d’abord où nous sommes. Prends la boussole et observe la direction qu’elle indique.

Je regardai l’instrument, et, après un examen attentif, je répondis :

« Est-quart-sud-est.

— Bien ! fit le professeur en notant l’observation et en établissant quelques calculs rapides. J’en conclus que nous avons fait quatre-vingt-cinq lieues depuis notre point de départ.

— Ainsi, nous voyageons sous l’Atlantique ?

— Parfaitement.

— Et, dans ce moment, une tempête s’y déchaîne peut-être, et des navires sont secoués sur notre tête par les flots et l’ouragan ?

— Cela se peut.

— Et les baleines viennent frapper de leur queue les murailles de notre prison ?

— Sois tranquille, Axel, elles ne parviendront pas à l’ébranler. Mais revenons à nos calculs. Nous sommes dans le sud-est, à quatre-vingt-cinq lieues de la base du Sneffels, et, d’après mes notes précédentes, j’estime à seize lieues la profondeur atteinte.

— Seize lieues ! m’écriai-je.

— Sans doute.

— Mais c’est l’extrême limite assignée par la science à l’épaisseur de l’écorce terrestre.

— Je ne dis pas non.

— Et ici, suivant la loi de l’accroissement de la température, une chaleur de quinze cents degrés devrait exister.

— Devrait, mon garçon.

— Et tout ce granit ne pourrait se maintenir à l’état solide et serait en pleine fusion.

— Tu vois qu’il n’en est rien et que les faits, suivant leur habitude, viennent démentir les théories.

— Je suis forcé d’en convenir, mais enfin cela m’étonne.

— Qu’indique le thermomètre ?

— Vingt-sept degrés six dixièmes.

— Il s’en manque donc de quatorze cent soixante-quatorze degrés quatre dixièmes que les savants n’aient raison. Donc, l’accroissement proportionnel de la température est une erreur. Donc, Humphry Davy ne se trompait pas. Donc, je n’ai pas eu tort de l’écouter, Qu’as-tu à répondre ?

— Rien. »

## **ANEXO 17**

—Ante todo —me dijo—, voy a hacer algunos cálculos, a fin de determinar con toda exactitud nuestra situación; quiero, a nuestro regreso, poder trazar un plano de nuestro viaje, una especie de sección vertical del globo, que señalará el perfil de nuestra expedición.

—Seré curiosísimo, tío; pero ¿tendrán sus observaciones de usted un grado de precisión suficiente?

—Sí. He anotado cuidadosamente los ángulos y las pendientes; estoy seguro de no cometer un error. Vamos a ver, ante todo, dónde estamos. Toma la brújula, y observa la dirección que indica.

Cogí el indicado instrumento, y después de un examen atento, respondí:

—Este cuarta al Sudeste.

—Bien —dijo el profesor anotando la observación y haciendo algunos cálculos rápidos—. No hay duda: hemos recorrido ochenta y cinco leguas,

—Según eso, caminamos por debajo del Atlántico.

—Exacto.

—Y es muy posible que en los actuales momentos se esté desarrollando sobre nuestras cabezas una tempestad horrible, y que muchos navíos sean juguete de las olas y del viento.

—Perfectamente posible.

—Y que vengan las ballenas a azotar con sus colas formidables las paredes de nuestra prisión.

—Tranquilízate, Axel, que no lograrán quebrantarnos. Empero, prosigamos nuestros cálculos. Nos hallamos al sudeste del Sneffels y a ochenta y cinco leguas de distancia de su base; y, a juzgar por mis notas precedentes, estimo en diez y seis leguas la profundidad alcanzada.

—¡Diez y seis leguas! —exclamé.

—Sin duda de ningún género.

—Pero ése es el máximo límite asignado por la ciencia a la corteza terrestre.

—No trato de negarlo.

—Y aquí, según la ley que rige al aumento del calor, deberíamos tener una temperatura de 1.500°.

—Deberíamos, hijo mío; tú lo has dicho.

—Y todo este granito no podría conservar su estado sólido y estaría en plena fusión.

—Ya ves que no es así y que los hechos, como acontece siempre, vienen a desmentir las teorías.

—No tengo más remedio que convenir en ello; mas no deja de llamarme la atención.

—¿Qué marca el termómetro?

—Veintisiete grados y seis décimas.

—Sólo faltan 1.474 grados y cuatro décimas para que los sabios tengan razón. Queda, pues, establecido que el aumento de la temperatura proporcionalmente a la profundidad es un error. Por consiguiente, Hunfredo Davy no se equivocaba, y yo, por tanto, no hice mal en darle crédito. ¿Qué tienes que responder?

—Nada.

#### **ANEXO 18**

Stapi est une bourgade formée d'une trentaine de huttes, et bâtie en pleine lave sous les rayons du soleil réfléchis par le volcan. Elle s'étend au fond d'un petit fjord encaissé dans une muraille du plus étrange effet.

On sait que le basalte est une roche brune d'origine ignée ; elle affecte des formes régulières qui surprennent par leur disposition. Ici la nature procède géométriquement et travaille à la manière humaine, comme si elle eût manié l'équerre, le compas et le fil à plomb. Si partout ailleurs elle fait de l'art avec ses grandes masses jetées sans ordre, ses cônes à peine ébauchés, ses pyramides imparfaites, avec la bizarre succession de ses lignes, ici, voulant donner l'exemple de la régularité, et précédant les architectes

des premiers âges, elle a créé un ordre sévère, que ni les splendeurs de Babylone ni les merveilles de la Grèce n'ont jamais dépassé.

J'avais bien entendu parler de la Chaussée des Géants en Irlande, et de la Grotte de Fingal dans l'une des Hébrides, mais le spectacle d'une substruction basaltique ne s'était pas encore offert à mes regards.

Or, à Stapi, ce phénomène apparaissait dans toute sa beauté.

La muraille du fjord, comme toute la côte de la presqu'île, se composait d'une suite de colonnes verticales, hautes de trente pieds. Ces fûts droits et d'une proportion pure supportaient une archivolt, faite de colonnes horizontales dont le surplombement formait demi-voûte au-dessus de la mer. A de certains intervalles, et sous cet impluvium naturel, l'œil surprenait des ouvertures ogivales d'un dessin admirable, à travers lesquelles les flots du large venaient se précipiter en écumant. Quelques tronçons de basalte, arrachés par les fureurs de l'Océan, s'allongeaient sur le sol comme les débris d'un temple antique, ruines éternellement jeunes, sur lesquelles passaient les siècles sans les entamer.

#### **ANEXO 19**

Es Stapi un poblado compuesto de unas treinta chozas, edificado sobre un mar de lava, bajo los rayos del sol reflejados por el volcán. Se extiende en el fondo de un pequeño fiordo, encajado en una muralla que hace el más extraño efecto.

Sabido es que el basalto es una roca oscura de origen ígneo, afectando formas muy regulares cuya disposición causa extrañeza. La Naturaleza procede al formar esta sustancia de una manera geométrica, y trabaja de un modo semejante a los hombres, como si manejase la escuadra, el compás y la plomada. Si en todas sus otras manifestaciones desarrolla su arte formando moles inmensas y deformes, conos apenas esbozados, pirámides imperfectas cuyas líneas generales no obedecen a un plan determinado, por lo que respecta al basalto, queriendo dar, sin duda, un ejemplo de regularidad, y adelantándose a los arquitectos de las primeras edades, ha creado un orden severo que ni los esplendores de Babilonia ni las maravillas de Grecia han sobrepujado jamás.

Había oído hablar de la Calzada de los Gigantes, de Irlanda, y de la Gruta de Fingal, en una de las islas del grupo de las Hébrides; pero el aspecto de una estructura basáltica no se había presentado nunca a mis ojos. En Stapi este fenómeno se ofrecía en todo su hermoso esplendor.

La muralla del fondo, como toda la costa de la península, se hallaba formada por una serie de columnas verticales de unos treinta pies de altura.

Estos fustes, bien proporcionados y rectos, soportaban una arcada de columnas horizontales, cuya parte avanzada formaba una semibóveda sobre el mar. A ciertos intervalos, y debajo de aquel cobertizo natural, sorprendía la mirada aberturas ojivales de un admirable dibujo, a través de las cuales venían a precipitarse, formando

montañas de espuma, las olas irritadas del mar. Algunos trozos de basaltos arrancados por los furiosos del Océano, yacían a lo largo del suelo cual ruinas de un templo antiguo; ruinas eternamente jóvenes, sobre las cuales pasaban los siglos sin corroerlas.

## **ANEXO 20**

Afin de faciliter la descente, Hans décrivait à l'intérieur du cône des ellipses très allongées ; il fallait marcher au milieu des roches éruptives, dont quelques-unes, ébranlées dans leurs alvéoles, se précipitaient en rebondissant jusqu'au fond de l'abîme. Leur chute déterminait des réverbérations d'échos d'une étrange sonorité.

Certaines parties du cône formaient des glaciers intérieurs ; Hans ne s'avancait alors qu'avec une extrême précaution, sondant le sol de son bâton ferré pour y découvrir les crevasses. A de certains passages douteux, il devint nécessaire de nous lier par une longue corde, afin que celui auquel le pied viendrait à manquer inopinément se trouvât soutenu par ses compagnons. Cette solidarité était chose prudente, mais elle n'excluait pas tout danger.

Cependant, et malgré les difficultés de la descente sur des pentes que le guide ne connaissait pas, la route se fit sans accident, sauf la chute d'un ballot de cordes qui s'échappa des mains d'un Islandais et alla par le plus court jusqu'au fond de l'abîme.

## **ANEXO 21**

A fin de facilitar el descenso, describía el cazador, dentro del cono, elipses muy prolongadas. Era preciso marchar por entre rocas eruptivas, algunas de las cuales, desprendidas de sus alvéolos, se precipitaban a saltos hasta el fondo del abismo. Su caída determinaba repercusiones de extraña sonoridad.

Algunas partes del cono formaban ventisqueros interiores. Hans avanzaba entonces con la mayor precaución, sondando el suelo con su bastón herrado para descubrir las grietas. En ciertos pasos dudosos necesitamos atarnos unos a otros por medio de una larga cuerda a fin de que si alguno resbalaba de improviso, quedase sostenido por los otros. Esta solidaridad era una medida prudente; mas no excluía todo peligro.

Sin embargo, y a pesar de las dificultades del descenso por pendientes que Hans desconocía, se realizó aquél sin el menor incidente, si se exceptúa la caída de un lío de cuerdas que se le escapó al islandés de las manos y rodó sin detenerse hasta el fondo del abismo.

## **ANEXO 22**

Une idée, entre toutes, me tracassait fort, idée effrayante et faite pour ébranler des nerfs moins sensibles que les miens.

« Voyons, me disais-je, nous allons gravir le Sneffels. Bien. Nous allons visiter son cratère. Bon. D'autres l'ont fait qui n'en sont pas morts. Mais ce n'est pas tout. S'il se présente un chemin pour descendre dans les entrailles du sol, si ce malencontreux Saknussem a dit vrai, nous allons nous perdre au milieu des galeries souterraines du volcan. Or, rien n'affirme que le Sneffels soit éteint ? Qui prouve qu'une éruption ne se prépare pas ? De ce que le monstre dort depuis 1229, s'ensuit-il qu'il ne puisse se réveiller ? Et, s'il se réveille, qu'est-ce que nous deviendrons ? »

Cela demandait la peine d'y réfléchir, et j'y réfléchissais. Je ne pouvais dormir sans rêver d'éruption ; or, le rôle de scorie me paraissait assez brutal à jouer.

Enfin je n'y tins plus ; je résolus de soumettre le cas à mon oncle le plus adroitement possible, et sous la forme d'une hypothèse parfaitement irréalisable.

J'allai le trouver. Je lui fis part de mes craintes, et je me reculai pour le laisser éclater à son aise.

« J'y pensais, » répondit-il simplement.

Que signifiaient ces paroles ! Allait-il donc entendre la voix de la raison ? Songeait-il à suspendre ses projets ? C'eût été trop beau pour être possible..

Après quelques instants de silence, pendant lesquels je n'osais l'interroger, il reprit en disant :

« J'y pensais. Depuis notre arrivée à Stapi, je me suis préoccupé de la grave question que tu viens de me soumettre, car il ne faut pas agir en imprudents.

— Non, répondis-je avec force.

— Il y a six cents ans que le Sneffels est muet ; mais il peut parler. Or les éruptions sont toujours précédées par des phénomènes parfaitement connus ; j'ai donc interrogé les habitants du pays, j'ai étudié le sol, et je puis te le dire, Axel, il n'y aura pas d'éruption. »

A cette affirmation je restai stupéfait, et je ne pus répliquer.

« Tu doutes de mes paroles ? dit mon oncle, eh bien ! suis-moi. »

J'obéis machinalement. En sortant du presbytère, le professeur prit un chemin direct qui, par une ouverture de la muraille basaltique, s'éloignait de la mer. Bientôt nous étions en rase campagne, si l'on peut donner ce nom à un amoncellement immense de déjections volcaniques ; le pays paraissait comme écrasé sous une pluie de pierres énormes, de trapp, de basalte, de granit et de toutes les roches pyroxéniques.

Je voyais ça et là des fumeroles monter dans les airs ; ces vapeurs blanches nommées « reykir » en langue islandaise, venaient des sources thermales, et elles indiquaient,

par leur violence, l'activité volcanique du sol. Cela me paraissait justifier mes craintes. Aussi je tombai de mon haut quand mon oncle me dit :

« Tu vois toutes ces fumées, Axel ; eh bien, elles prouvent que nous n'avons rien à redouter des fureurs du volcan !

— Par exemple ! m'écriai-je.

— Retiens bien ceci, reprit le professeur : aux approches d'une éruption, ces fumerolles redoublent d'activité pour disparaître complètement pendant la durée du phénomène, car les fluides élastiques, n'ayant plus la tension nécessaire, prennent le chemin des cratères au lieu de s'échapper à travers les fissures du globe. Si donc ces vapeurs se maintiennent dans leur état habituel, si leur énergie ne s'accroît pas, si tu ajoutes à cette observation que le vent, la pluie ne sont pas remplacés par un air lourd et calme, tu peux affirmer qu'il n'y aura pas d'éruption prochaine.

— Mais...

— Assez. Quand la science a prononcé, il n'y a plus qu'à se taire, »

Je revins à la cure l'oreille basse ; mon oncle m'avait battu avec des arguments scientifiques. Cependant j'avais encore un espoir, c'est qu'une fois arrivés au fond du cratère, il serait impossible, faute de galerie, de descendre plus profondément, et cela en dépit de tous les Saknussem du monde.

Je passai la nuit suivante en plein cauchemar au milieu d'un volcan et des profondeurs de la terre, je me sentis lancé dans les espaces planétaires sous la forme de roche éruptive.

Le lendemain, 23 juin, Hans nous attendait avec ses compagnons chargés des vivres, des outils et des instruments. Deux bâtons ferrés, deux fusils, deux cartouchières, étaient réservés à mon oncle et à moi. Hans, en homme de précaution, avait ajouté à nos bagages une outre pleine qui, jointe à nos gourdes, nous assurait de l'eau pour huit jours.

Il était neuf heures du matin. Le recteur et sa haute mégère attendaient devant leur porte. Ils voulaient sans doute nous adresser l'adieu suprême de l'hôte au voyageur. Mais cet adieu prit la forme inattendue d'une note formidable, où l'on comptait jusqu'à l'air de la maison pastorale, air infect, j'ose le dire. Ce digne couple nous rançonnait comme un aubergiste suisse et portait à un beau prix son hospitalité surfaite.

Mon oncle paya sans marchander. Un homme qui partait pour le centre de la terre ne regardait pas à quelques rixdales.

Ce point réglé, Hans donna le signal du départ, et quelques instants après nous avions quitté Stapi.

## Capitulu XV

Le Sneffels est haut de cinq mille pieds ; il termine, par son double cône, une bande trachytique qui se détache du système orographique de l'île. De notre point de départ on ne pouvait voir ses deux pics se profiler sur le fond grisâtre du ciel. J'apercevais seulement une énorme calotte de neige abaissée sur le front du géant.

Nous marchions en file, précédés du chasseur ; celui-ci remontait d'étroits sentiers où deux personnes n'auraient pas pu aller de front. Toute conversation devenait donc à peu près impossible.

Au delà de la muraille basaltique du fjörd de Stapi, se présenta d'abord un sol de tourbe herbacée et fibreuse, résidu de l'antique végétation des marécages de la presqu'île ; la masse de ce combustible encore inexploité suffirait à chauffer pendant un siècle toute la population de l'Islande ; cette vaste tourbière, mesurée du fond de certains ravins, avait souvent soixante-dix pieds de haut et présentait des couches successives de détritrus carbonisés, séparées par des feuillets de tuf ponceux.

En véritable neveu du professeur Lidenbrock et malgré mes préoccupations, j'observais avec intérêt les curiosités minéralogiques étalées dans ce vaste cabinet d'histoire naturelle ; en même temps je refaisais dans mon esprit toute l'histoire géologique de l'Islande.

Cette île, si curieuse, est évidemment sortie du fond des eaux à une époque relativement moderne ; peut-être même s'élève-t-elle encore par un mouvement insensible. S'il en est ainsi, on ne peut attribuer son origine qu'à l'action des feux souterrains. Donc, dans ce cas, la théorie de Humphry Davy, le document de Saknussem, les prétentions de mon oncle, tout s'en allait en fumée. Cette hypothèse me conduisit à examiner attentivement la nature du sol, et je me rendis bientôt compte de la succession des phénomènes qui présidèrent à la formation de l'île.

L'Islande, absolument privée de terrain sédimentaire, se compose uniquement de tuf volcanique, c'est-à-dire d'un agglomérat de pierres et de roches d'une texture poreuse. Avant l'existence des volcans ; elle était faite d'un massif trappéen, lentement soulevé au-dessus des flots par la poussée des forces centrales. Les feux intérieurs n'avaient pas encore fait irruption au dehors.

Mais, plus tard, une large fente se creusa diagonalement du sud-ouest au nord-ouest de l'île, par laquelle s'épancha peu à peu toute la pâte trachytique. Le phénomène s'accomplissait alors sans violence ; l'issue était énorme, et les matières fondues, rejetées des entrailles du globe, s'étendirent tranquillement en vastes nappes ou en masses mamelonnées. A cette époque apparurent les fedspaths, les syénites et les porphyres.

Mais, grâce à cet épanchement, l'épaisseur de l'île s'accrut considérablement, et, par suite, sa force de résistance. On conçoit quelle quantité de fluides élastiques s'emmagasina dans son sein, lorsqu'elle n'offrit plus aucune issue, après le refroidissement de la croûte trachytique. Il arriva donc un moment où la puissance

mécanique de ces gaz fut telle qu'ils soulevèrent la lourde écorce et se creusèrent de hautes cheminées. De là le volcan fait du soulèvement de la croûte, puis le cratère subitement troué au sommet du volcan.

Alors aux phénomènes éruptifs succédèrent les phénomènes volcaniques ; par les ouvertures nouvellement formées s'échappèrent d'abord les déjections basaltiques, dont la plaine que nous traversions en ce moment offrait à nos regards les plus merveilleux spécimens. Nous marchions sur ces roches pesantes d'un gris foncé que le refroidissement avait moulées en prismes à base hexagone. Au loin se voyaient un grand nombre de cônes aplatis, qui furent jadis autant de bouches ignivomes.

Puis, l'éruption basaltique épuisée, le volcan, dont la force s'accrut de celle des cratères éteints, donna passage aux laves et à ces tufs de cendres et de scories dont j'apercevais les longues coulées éparpillées sur ses flancs comme une chevelure opulente.

Telle fut la succession des phénomènes qui constituèrent l'Islande ; tous provenaient de l'action des feux intérieurs, et supposer que la masse interne ne demeurerait pas dans un état permanent d'incandescence liquidité, c'était folie. Folie surtout de prétendre atteindre le centre du globe !

Je me rassurais donc sur l'issue de notre entreprise, tout en marchant à l'assaut du Sneffels.

La route devenait de plus en plus difficile ; le sol montait ; les éclats de roches s'ébranlaient, et il fallait la plus scrupuleuse attention pour éviter des chutes dangereuses.

Hans s'avancait tranquillement comme sur un terrain uni ; parfois il disparaissait derrière les grands blocs, et nous le perdions de vue momentanément ; alors un sifflement aigu, échappé de ses lèvres, indiquait la direction à suivre. Souvent aussi il s'arrêtait, ramassait quelques débris de rocs, les disposait d'une façon reconnaissable et formait ainsi des amers destinés à indiquer la route du retour. Précaution bonne en soi, mais que les événements futurs rendirent inutile.

Trois fatigantes heures de marche nous avaient amenés seulement à la base de la montagne. Là, Hans fit signe de s'arrêter, et un déjeuner sommaire fut partagé entre tous. Mon oncle mangeait les morceaux doubles pour aller plus vite. Seulement, cette halte de réfection étant aussi une halte de repos, il dut attendre le bon plaisir du guide, qui donna le signal du départ une heure après. Les trois Islandais, aussi taciturnes que leur camarade le chasseur, ne prononcèrent pas un seul mot et mangèrent sobrement.

Nous commençons maintenant à gravir les pentes du Sneffels ; son neigeux sommet, par une illusion d'optique fréquente dans les montagnes, me paraissait fort rapproché, et cependant, que de longues heures avant de l'atteindre ! quelle fatigue surtout ! Les pierres qu'aucun ciment de terre, aucune herbe ne liaient entre elles, s'éboulaient sous nos pieds et allaient se perdre dans la plaine avec la rapidité d'une avalanche.

En de certains endroits, les flancs du mont faisaient avec l'horizon un angle de trente-six degrés au moins ; il était impossible de les gravir, et ces raidillons pierreux devaient être tournés non sans difficulté. Nous nous prêtions alors un mutuel secours à l'aide de nos bâtons.

Je dois dire que mon oncle se tenait près de moi le plus possible ; il ne me perdait pas de vue, et en mainte occasion, son bras me fournit un solide appui. Pour son compte, il avait sans doute le sentiment inné de l'équilibre, car il ne bronchait pas. Les Islandais, quoique chargés grimpaient avec une agilité de montagnards.

A voir la hauteur de la cime du Sneffels, il me semblait impossible qu'on pût l'atteindre de ce côté, si l'angle d'inclinaison des pentes ne se fermait pas. Heureusement, après une heure de fatigues et de tours de force, au milieu du vaste tapis de neige développé sur la croupe du volcan, une sorte d'escalier se présenta inopinément, qui simplifia notre ascension. Il était formé par l'un de ces torrents de pierres rejetées par les éruptions, et dont le nom islandais est « stinâ ». Si ce torrent n'eût pas été arrêté dans sa chute par la disposition des flancs de la montagne, il serait allé se précipiter dans la mer et former des îles nouvelles.

Tel il était, tel il nous servit fort ; la raideur des pentes s'accroissait, mais ces marches de pierres permettaient de les gravir aisément, et si rapidement même, qu'étant resté un moment en arrière pendant que mes compagnons continuaient leur ascension, je les aperçus déjà réduits, par l'éloignement, à une apparence microscopique.

A sept heures du soir nous avons monté les deux mille marches de l'escalier, et nous dominions une extumescence de la montagne, sorte d'assise sur laquelle s'appuyait le cône proprement dit du cratère.

La mer s'étendait à une profondeur de trois mille deux cents pieds ; nous avions dépassé la limite des neiges perpétuelles, assez peu élevée en Islande par suite de l'humidité constante du climat. Il faisait un froid violent ; le vent soufflait avec force. J'étais épuisé. Le professeur vit bien que mes jambes me refusaient tout service, et, malgré son impatience, il se décida à s'arrêter. Il fit donc signe au chasseur, qui secoua la tête en disant :

— « Ofvanför. »

— Il paraît qu'il faut aller plus haut, dit mon oncle.

Puis il demanda à Hans le motif de sa réponse.

— « Mistour », répondit le guide.

— « Ja, mistour, » répéta l'un des Islandais d'un ton effrayé.

— Que signifie ce mot ? demandai-je avec inquiétude.

— Vois, » dit mon oncle.

Je portai mes regards vers la plaine ; une immense colonne de pierre ponce pulvérisée, de sable et de poussière s'élevait en tournoyant comme une trombe ; le vent la rabattait sur le flanc du Sneffels, auquel nous étions accrochés ; ce rideau opaque étendu devant le soleil produisait une grande ombre jetée sur la montagne. Si cette trombe s'inclinait, elle devait inévitablement nous enlacer dans ses tourbillons. Ce phénomène, assez fréquent lorsque le vent souffle des glaciers, prend le nom de « mistour » en langue islandaise.

« Hastigt, hastigt, » s'écria notre guide.

Sans savoir le danois, je compris qu'il nous fallait suivre Hans au plus vite. Celui-ci commença à tourner le cône du cratère, mais en biaisant, de manière à faciliter la marche ; bientôt, la trombe s'abattit sur la montagne, qui tressaillit à son choc ; les pierres saisies dans les remous du vent volèrent en pluie comme dans une éruption. Nous étions, heureusement, sur le versant opposé et à l'abri de tout danger ; sans la précaution du guide, nos corps déchiquetés, réduits en poussière, fussent retombés au loin comme le produit de quelque météore inconnu.

Cependant Hans ne jugea pas prudent de passer la nuit sur les flancs du cône. Nous continuâmes notre ascension en zigzag ; les quinze cents pieds qui restaient à franchir prirent près de cinq heures ; les détours, les biais et contremarches mesuraient trois lieues au moins. Je n'en pouvais plus ; je succombais au froid et à la faim. L'air, un peu raréfié, ne suffisait pas au jeu de mes poumons.

Enfin, à onze heures du soir, en pleine obscurité, le sommet du Sneffels fut atteint, et, avant d'aller m'abriter à l'intérieur du cratère, j'eus le temps d'apercevoir « le soleil de minuit » au plus bas de sa carrière, projetant ses pâles rayons sur l'île endormie à mes pieds

### **ANEXO 23**

Una idea, sobre todo, me preocupaba más que todas las otras; una idea espantosa, capaz de crispar otros nervios mucho menos sensibles que los míos.

“Veamos” —me decía a mí mismo—: “nos vamos a encaramar en la cumbre del Sneffels. Está bien. Vamos a visitar su cráter. Soberbio: otros lo han hecho y aún viven. Mas no para aquí la cosa: si se presenta un camino para descender a las entrañas de la tierra, si ese malhadado Saknussem ha dicho la verdad, nos vamos a perder en medio de las galerías subterráneas del volcán. Ahora bien. ¿quién es capaz de afirmar que el Sneffels está apagado del todo? ¿Hay algo que demuestre que no se está preparando otra erupción? Del hecho de que duerma el monstruo desde 1229, ¿hemos de deducir que no pueda despertarse? Y si se despertase, ¿qué sería de nosotros?”

Valía la pena de pensar en todo esto, y mi imaginación no cesaba de dar vueltas a estas ideas. No podía dormir sin soñar con erupciones, y me parecía tan brutal como triste el tener que representar el papel insignificante de cacería.

Incapaz de callar por más tiempo, decidí finalmente someter el caso a mi tío con la mayor prudencia posible, y en forma de hipótesis perfectamente irrealizable.

Aproximándome a él, le manifesté mis temores y retrocedí varios pasos para evitar los efectos de la primera explosión de su cólera.

—En esto estaba pensando —me respondió simplemente.

¿Qué interpretación debía dar a estas inesperadas palabras? ¿Iba, al fin, a escuchar la voz de la razón? ¿Pensaría suspender sus proyectos? ¡No sería verdad tanta belleza!

Tras algunos instantes de silencio. que no me atreví a interrumpir, añadió:

—Sí; en eso estaba pensando. Desde nuestra llegada a Stapi, me he preocupado de la grave cuestión que acabas de someter a mi juicio, porque no conviene cometer imprudencias.

—No —respondí con vehemencia.

—Hace seiscientos años que el Sneffels está mudo; pero puede hablar otra vez. Ahora bien, las erupciones volcánicas van siempre precedidas de fenómenos perfectamente conocidos; por eso, después de interrogar a los habitantes del país y de estudiar el terreno, puedo asegurarte, Axel, que no habrá por ahora erupción.

Al oír estas palabras, me dejaron estupefacto y no pude replicar.

—¿Dudas de mis palabras? —dijo mi tío—; pues sígueme.

Obedecí maquinalmente. Al salir de la rectoría, tomó el profesor un camino directo que, por una abertura de la muralla basáltica, se alejaba del mar. No tardamos en hallarnos en campo raso, si se puede dar este nombre a un inmenso montón de deyecciones volcánicas. Los accidentes del suelo parecían como borrados bajo una lluvia de piedras, de lava, de basalto, de granito y de toda clase de rocas piroxénicas.

Veíanse de trecho en trecho ciertas columnas de humo elevarse en el seno de la atmósfera. Estos vapores blancos, llamados reykir en islandés, procedían de manantiales termales, y su violencia indicaba la actividad volcánica del suelo, lo cual me parecía confirmar mis temores; júzguese, pues, cuál no sería mi sorpresa cuando mi tío me dijo:

—¿Ves esos humos, Axel? Pues bien, ellos nos demuestran que no debemos temer los furores del volcán.

—¡Cómo puede ser eso! —exclamé.

—No olvides lo que voy a decirte —prosiguió el profesor—: cuando una erupción se aproxima, todas estas humaredas redoblan su actividad para desaparecer por completo mientras subsiste el fenómeno; porque los fluidos elásticos, careciendo de la

necesaria tensión, toman el camino de los cráteres en lugar de escaparse a través de las fisuras del globo. Si, pues, estos vapores se mantienen en su estado habitual, si no aumenta su energía, y si añades a esta observación que la lluvia y el viento no son reemplazados por un aire pesado y en calma, puedes desde luego afirmar que no habrá erupción próxima.

—Pero...

—Basta. Cuando la ciencia ha hablado, no se puede replicar.

Volví a la rectoría con las orejas gachas; mi tío me había anonadado con argumentos científicos. Sin embargo, todavía conservaba la esperanza de que, al bajar al fondo del cráter, nos fuese materialmente imposible el proseguir la endiablada excursión por no existir ninguna galería, a pesar de las afirmaciones de todos los Saknussem de mundo.

Pasé la noche inmediata sumido en una horrible pesadilla, en medio de un volcán; y desde las profundidades de la tierra, me sentí lanzado a los espacios interplanetarios en forma de roca eruptiva.

Al día siguiente, Hans nos esperaba con sus compañeros cargados con nuestros víveres, utensilios e instrumentos. Dos bastones herrados, dos fusiles y dos cartucheras nos estaban reservados a mi tío y a mí. Nuestro guía, que era hombre precavido, había añadido a nuestra impedimenta un odre lleno que, unido a nuestras calabazas, nos aseguraba agua para ocho días.

Eran las nueve de la mañana. El rector y su gigantesca furia, esperaban delante de la puerta, deseosos, sin duda, de darnos su último adiós: pero este adiós tomó la inesperada forma de una cuenta formidable, en la que se nos cobraba hasta el aire, bien infecto por cierto, que habíamos respirado en la casa rectoral. La dignísima pareja nos desolló como un hostelero suizo, cobrándonos a precio fabuloso su ingrata hospitalidad.

Mi tío pagó sin regatear. Un hombre que partía para el centro de la tierra no había de parar la atención en unos miserables rixdales. Arreglado este punto, dio Hans la señal de partida, y algunos instantes después habíamos salido de Stapi.

#### Capítulo XV

El Sneffels tiene 5.000 pies de elevación, siendo, con su doble cono, como la terminación de una faja raquílica que se destaca del sistema orográfico de la isla. Desde nuestro punto de partida no se podían ver sus dos picos proyectándose sobre el fondo grisáceo del cielo. Sólo distinguían mis ojos un enorme casquete de nieve que cubría la frente del gigante.

Marchábamos en fila, precedidos del cazador, quien nos guiaba por estrechos senderos, por los que no podían caminar dos personas de frente. La conversación se hacía, pues, poco menos que imposible.

Más allá de la muralla basáltica del fiordo de Stapi, encontramos un terreno de turba herbácea y fibrosa, restos de la antigua vegetación de los pantanos de la península. La masa de este combustible, todavía inexplorado, bastaría para calentar durante un siglo a toda la población de Islandia. Aquel vasto hornaguero, medido desde el fondo de ciertos barrancos, tenía con frecuencia setenta pies de altura, y presentaba capas sucesivas de detritus carbonizados, separados por vetas de piedra pómez y toba.

Como digno sobrino del profesor Lidenbrock, y a pesar de mis preocupaciones, observaba con verdadero interés las curiosidades mineralógicas expuestas en aquel vasto gabinete de historia natural, al par que rehacía en mi mente toda la historia geológica de Islandia.

Esta isla tan curiosa, ha surgido realmente del fondo de los mares en una época relativamente moderna, y hasta es posible que aún continúe elevándose por un movimiento insensible. Si es así, sólo puede atribuirse su origen a la acción de los fuegos subterráneos, y en este caso, la teoría de Hunfredo Davy, el documento de Saknussem y las pretensiones de mi tío iban a convertirse en humo. Esta hipótesis me indujo a examinar atentamente la naturaleza del suelo, y pronto me di cuenta de la sucesión de fenómenos que precedieron a la formación de la isla.

Islandia, absolutamente privada de terreno sedimentario, se compone únicamente de tobas volcánicas, es decir, de un aglomerado de piedras y rocas de contextura porosa. Antes de la existencia de los volcanes, se hallaba formada por una masa sólida, lentamente levantada, a modo de escotillón, por encima de las olas por el empuje de las fuerzas centrales. Los fuegos interiores no habían hecho aún su irrupción a través de la corteza terrestre.

Pero más adelante, se abrió diagonalmente una gran fenda, del sudoeste al noroeste de la isla, por la cual se escapó lentamente toda la pasta traquílica. El fenómeno se verificó entonces sin violencia; la salida fue enorme, y las materias fundidas, arrojadas de las entrañas del globo, se extendieron tranquilamente, formando vastas sabanas o masas apezonadas. En esta época aparecieron los feldespatos, los sienitos y los pórfidos.

Pero, gracias a este derramamiento, el espesor de la isla aumentó considerablemente y, con él, su fuerza de resistencia. Se concibe la gran cantidad de fluidos elásticos que se almacenaron en su seno, al ver que todas las salidas se obstruyeron después del enfriamiento de la costra traquílica. Llegó, pues, un momento en que la potencia mecánica de estos gases fue tal, que levantaron la pesada corteza y se abrieron elevadas chimeneas. De este modo quedó el volcán formado gracias al levantamiento de la corteza, y después se abrió el cráter en la cima de aquél de un modo repentino.

Entonces sucedieron los fenómenos volcánicos a los eruptivos; por las recién formadas aberturas se escaparon, ante todo, las deyecciones basálticas, de las cuáles ofrecía a nuestras miradas los más maravillosos ejemplares la planicie que a la sazón cruzábamos. Caminábamos sobre aquellas rocas pesadas, de color gris oscuro, que al enfriarse habían adoptado la forma de prismas de bases hexagonales. A lo lejos se veía



un gran número de conos aplastados que fueron en otro tiempo otras tantas bocas ignívoras.

Una vez agotada la erupción basáltica, el volcán, cuya fuerza se acrecentó con la de los cráteres apagados, dio paso a las lavas y a aquellas tobas de cenizas y de escorias cuyos amplios derrames contemplaban mis ojos esparcidos, por sus flancos cual cabellera opulenta.

Tal fue la serie de fenómenos que formaron a Islandia. Todos ellos reconocían por origen los fuegos interiores, y suponer que la masa interna no permaneciese aún en un estado perenne de incandescencia líquida, era una verdadera locura. Por lo tanto, el pretender llegar al centro mismo del globo sería una insensatez sin ejemplo.

Así, pues, mientras marchábamos al asalto del Sneffels, me fui tranquilizando respecto del resultado de nuestra empresa.

El camino se hacía cada vez más difícil; el terreno subía, las rocas oscilaban y era preciso caminar con mucho tiento para evitar caídas peligrosas.

Hans avanzaba tranquilamente como si fuese por un terreno llano; a veces desaparecía detrás de los grandes peñascos, y le perdíamos de vista un instante; pero entonces oíamos un agudo silbido salido de sus labios, que nos indicaba el camino que debíamos seguir. Con frecuencia también recogía algunas piedras, colocábalas de modo que fuese fácil reconocerlas después, y fijaba de esta suerte jalones destinados a indicarnos el camino de regreso. Esta precaución era de por sí excelente; pero los acontecimientos futuros probaron su inutilidad.

Tres fatigosas horas de marcha se invirtieron tan sólo en llegar a la falda de la montaña. Allí dio Hans la señal de detenerse, y almorzamos frugalmente. Mi tío se llenaba la boca para concluir más pronto; pero como aquel alto tenía también por objeto el reparar nuestras fuerzas, tuvo que someterse a la voluntad del guía que no dio la señal de partida hasta después de una hora.

Los tres islandeses, tan taciturnos como su camarada el cazador, no desplegaron sus labios y comieron sobriamente.

Entonces comenzamos a subir las vertientes del Sneffels; su nevada cumbre, por una ilusión de óptica frecuente en las montañas, me parecía muy próxima, a pesar de lo cual nos restaban aún muchas horas de camino y muchísimas fatigas, sobre todo, para llegar hasta ella. Las piedras que no se hallaban ligadas por hierbas ni por ningún cimientito de tierra, resbalaban bajo nuestro pies y rodaban hasta la llanura con la velocidad de un alud.

En algunos parajes, las vertientes del monte formaban con el horizonte un ángulo de 36° cuanto menos. Era materialmente imposible trepar por ellos, siendo preciso rodear estos pedregosos obstáculos, para lo cual encontrábamos no pocas dificultades. En estas ocasiones nos prestábamos mutuo auxilio con nuestros herrados bastones.

Debo advertir que mi tío permanecía siempre lo más cerca posible de mí; no me perdía de vista, y, en más de una ocasión, encontré un sólido apoyo en su brazo. Por lo que respecta a él, tenía sin duda alguna el sentimiento innato del equilibrio, pues no tropezaba jamás. Los islandeses, a pesar de ir cargados, trepaban con agilidad asombrosa.

Al contemplar la altura de la cumbre del Sneffels, creía imposible poder llegar por aquel lado hasta ella, si el ángulo de inclinación de las pendientes no se cerraba algo. Afortunadamente, tras una hora de trabajos y de inauditos esfuerzos, en medio de la vasta alfombra de nieve que se extendía sobre la cumbre del volcán, descubrieron nuestros ojos de improviso una especie de escalera que simplificó nuestra ascensión. Estaba formada por uno de esos torrentes de piedras arrojadas por las erupciones, cuyo nombre islandés es *stinâ*. Si este torrente no hubiese sido detenido en su caída por la disposición especial de los flancos de la montaña, habría ido a precipitarse en el mar, formando nuevas islas.

Tal como era, fuimos en extremo útil. La rapidez de las pendientes iba cada vez en aumento, pero aquellos escalones de piedra permitían remontarlos fácilmente y hasta con rapidez tal que, como me retrasase un momento mientras que mis compañeros proseguían la ascensión, llegué a verlos reducidos a una pequeñez microscópica por efecto de la distancia.

A las siete de la tarde habíamos ya subido los dos mil peldaños que tiene esta escalera, y dominábamos un saliente de la montaña, especie de base sobre la cual se apoyaba el cono del cráter.

El mar se extendía a una profundidad de 3.200 pies. Habíamos traspasado el límite de las nieves perpetuas, bien poco elevado en Islandia a consecuencia de la humedad constante del clima. Hacía un frío espantoso y el viento soplaban con fuerza. Me hallaba agotado. El profesor comprendió que mis piernas se negaban a seguir prestándome servicio, y, a pesar de su impaciencia, decidió hacer alto allí. Hizo señas a Hans en tal sentido; pero éste sacudió la cabeza, diciendo:

—*Ofvanför*.

—Parece que es preciso subir más —dijo mi tío.

Después preguntó a Hans el motivo de su respuesta.

—*Mistour* —repuso el guía.

—*Ja, mistour* —repitió uno de los islandeses, con acento de terror.

—¿Qué significa esa palabra? —Pregunté, inquieto.

—Mira —dijo mi tío.

Dirigí hacia la llanura la vista y vi una inmensa columna de piedra pómez pulverizada, de arena y de polvo que se elevaba girando como una tromba; el viento la empujaba hacia el flanco del Sneffels sobre el cual nos encontrábamos; aquella cortina opaca, tendida delante del sol, producía una gran sombra que se proyectaba sobre la montaña. Si la tromba se inclinaba, nos envolvería sin remedio entre sus torbellinos. Este fenómeno, bastante frecuente cuando el viento sopla de los ventisqueros, se conozca con el nombre de *mistour* en islandés.

—*Hastigt, hostigt* —gritó nuestro guía.

A pesar de no poseer el danés, comprendí que era preciso seguir a Hans sin demora. El guía comenzó a circundar el cono del cráter, pero descendiendo con objeto de facilitarnos la marcha.

No tardó mucho la tromba en chocar contra la montaña, que se estremeció a su contacto; las piedras, suspendidas por los remolinos del viento, volaron en forma de lluvia, como en las erupciones. Nos hallábamos, por fortuna, en la vertiente opuesta y al abrigo de todo peligro; pero, a no ser por la precaución del guía, nuestros cuerpos, desmenuzados, convertidos en polvo impalpable, hubieran ido a caer lejos como el producto de algún desconocido meteoro.

Esto no obstante, no consideró Hans prudente que pasásemos la noche en la vertiente del cono. Proseguimos nuestra ascensión en zigzag; empleamos aún cerca de cinco horas en recorrer los 1.500 pies que nos quedaban que subir todavía; en revueltas, contramarchas y sesgos perdimos lo menos tres leguas.

Yo no podía más; me moría de frío y de hambre. El aire un tanto rarificado de tan elevadas regiones no bastaba a mis pulmones.

Por fin, a las once de la noche, en plena oscuridad, llegamos a la cumbre del Sneffels; y, antes de buscar abrigo en el interior del cráter, tuve tiempo de ver el sol de la media noche en la parte inferior de su carrera, proyectando sus pálidos rayos sobre la isla dormida a mis pies.

#### **ANEXO 24**

« Voici une des meilleures cartes de l'Islande, celle de Handerson, et je crois qu'elle va nous donner la solution de toutes tes difficultés. »

Je me penchai sur la carte.

« Vois cette île composée de volcans, dit le professeur, et remarque qu'ils portent tous le nom de Yocul. Ce mot veut dire « glacier » en islandais, et, sous la latitude élevée de l'Islande, la plupart des éruptions se font jour à travers les couches de glace. De là cette dénomination de Yocul appliquée à tous les monts ignivomes de l'île.

— Bien, répondis-je, mais qu'est-ce que le Sneffels ? »

J'espérais qu'à cette demande il n'y aurait pas de réponse. Je me trompais. Mon oncle reprit :

« Suis-moi sur la côte occidentale de l'Islande. Aperçois-tu Reykjavik, sa capitale ? Oui. Bien. Remonte les fjords innombrables de ces rivages rongés par la mer, et arrête-toi un peu au-dessous du soixante-cinquième degré de latitude. Que vois-tu là ?

— Une sorte de presqu'île semblable à un os décharné, que termine une énorme rotule.

— La comparaison est juste, mon garçon ; maintenant, n'aperçois-tu rien sur cette rotule ?

— Si, un mont qui semble avoir poussé en mer.

— Bon ! c'est le Sneffels.

— Le Sneffels ?

— Lui-même, une montagne haute de cinq mille pieds, l'une des plus remarquables de l'île, et à coup sûr la plus célèbre du monde entier, si son cratère aboutit au centre du globe.

— Mais c'est impossible ! m'écriai-je en haussant les épaules et révolté contre une pareille supposition.

— Impossible ! répondit le professeur Lidenbrock d'un ton sévère. Et pourquoi cela ?

— Parce que ce cratère, est évidemment obstrué par les laves, les roches brûlantes, et qu'alors...

— Et si c'est un cratère éteint ?

— Éteint ?

— Oui. Le nombre des volcans en activité à la surface du globe n'est actuellement que de trois cents environ ; mais il existe une bien plus grande quantité de volcans éteints. Or le Sneffels compte parmi ces derniers, et, depuis les temps historiques, il n'a eu qu'une seule éruption, celle de 1219 ; à partir de cette époque, ses rumeurs se sont apaisées peu à peu, et il n'est plus au nombre des volcans actifs. »

#### **ANEXO 25**

— He aquí el mapa de Handerson, uno de los mejores de Islandia, el cual creo que nos va a resolver todas las dificultades.

Yo me incliné sobre el mapa.

—Fíjate en esta isla llena toda de volcanes —me dijo el profesor—, y observa que todos llevan el nombre de Yocuj, palabra que significa en islandés ventisquero. Debido a la elevada latitud que ocupa Islandia, la mayoría de las erupciones se realizan a través de las capas de hielo, siendo ésta la causa de que se aplique el nombre de Yocul a todos los montes ignívolos de la isla.

—Conformes —respondí yo—, mas, ¿qué significa Sneffels?

Creí que a esta pregunta no sabría qué responderme mi tío: pero me equivoqué de medio a medio, pues me dijo:

—Sígueme por la costa occidental de la isla. ¿Ves su capital, Reykiavik? Bien; pues remonta los innumerables fiordos de estas costas escarpadas por el mar, y detente un momento debajo del grado 75 de latitud. ¿Qué ves?

—Una especie de península que semeja un hueso pelado y termina en una rótula enorme.

—La comparación es exacta, hijo mío; y ahora, dime, ¿no ves nada sobre era rótula?

—Veo un monte que parece surgir del mar.

—Pues ese es el Sneffels.

—¿El Sneffels?

—Sí, una montaña de 5.000 pies de elevación. una de las más notables de la isla, y, a buen seguro, la más célebre del mundo entero, si su cráter conduce al centro del globo.

—Pero eso es imposible —exclamé, encogiéndome de hombros y rebelándome contra semejante hipótesis.

—¡Imposible! ¿Y por qué? —replicó con tono severo el profesor Lidenbrock.

—Porque ere cráter debe estar evidentemente obstruido por las lavas y las rocas candentes, y, por tanto...

—¿Y si se trata de un cráter apagado?

—¿Apagado?

—Sí. El número de los volcanes en actividad que hay en la superficie del globo no pasa en la actualidad de trescientos: pero existe una cantidad mucho mayor de volcanes apagados. El Sneffels figura entre estos últimos, y no hay noticia en los fastos de la historia de que haya experimentado más que una sola erupción: la de 1219. A partir de esta fecha, se ha ido extinguiendo gradualmente, y ha dejado de figurar entre los volcanes activos

## ANEXO 26

Le cratère du Sneffels représentait un cône renversé dont l'orifice pouvait avoir une demi-lieue de diamètre. Sa profondeur, je l'estimais à deux mille pieds environ. Que l'on juge de l'état d'un pareil récipient, lorsqu'il s'emplissait de tonnerres et de flammes. Le fond de l'entonnoir ne devait pas mesurer plus de cinq cents pieds de tour, de telle sorte que ses pentes assez douces permettaient d'arriver facilement à sa partie inférieure. Involontairement, je comparais ce cratère à un énorme tromblon évasé, et la comparaison m'épouvantait.

« Descendre dans un tromblon, pensai-je, quand il est peut-être chargé et qu'il peut partir au moindre choc, c'est l'œuvre de fous. »

Mais je n'avais pas à reculer. Hans, d'un air indifférent, reprit la tête de la troupe. Je le suivis sans mot dire.

Afin de faciliter la descente, Hans décrivait à l'intérieur du cône des ellipses très allongées ; il fallait marcher au milieu des roches éruptives, dont quelques-unes, ébranlées dans leurs alvéoles, se précipitaient en rebondissant jusqu'au fond de l'abîme. Leur chute déterminait des réverbérations d'échos d'une étrange sonorité.

Certaines parties du cône formaient des glaciers intérieurs ; Hans ne s'avancait alors qu'avec une extrême précaution, sondant le sol de son bâton ferré pour y découvrir les crevasses. A de certains passages douteux, il devint nécessaire de nous lier par une longue corde, afin que celui auquel le pied viendrait à manquer inopinément se trouvât soutenu par ses compagnons. Cette solidarité était chose prudente, mais elle n'excluait pas tout danger.

## ANEXO 27

El cráter del Sneffels tenía forma de cono invertido, cuyo orificio tendría aproximadamente media legua de diámetro. Calculé su profundidad en 2.000 pies, sobre poco más o menos. ¡Júzguese lo que sería semejante recipiente cuando se llenase de truenos y llamas!

El fondo de este embudo no debía medir arriba de 500 pies de circunferencia, de suerte que sus pendientes eran bastante suaves y permitían llegar fácilmente a su parte inferior.

Involuntariamente comparaba yo este cráter con un enorme trabuco ensanchado, y la comparación me colmaba de espanto.

“Introducirse en el interior de un trabuco” —pensaba en mi fuero interno—, “que puede estar cargado y dispararse al menor choque, sólo puede ocurrírsele a unos locos”.

Pero para retroceder era tarde. Hans, con aire indiferente, se puso de nuevo al frente de la caravana; yo lo seguía sin despegar los labios.

A fin de faciliter el descenso, describía el cazador, dentro del cono, elipses muy prolongadas. Era preciso marchar por entre rocas eruptivas, algunas de las cuales, desprendidas de sus alvéolos, se precipitaban a saltos hasta el fondo del abismo. Su caída determinaba repercusiones de extraña sonoridad.

Algunas partes del cono formaban ventisqueros interiores. Hans avanzaba entonces con la mayor precaución, sondando el suelo con su bastón herrado para descubrir las grietas. En ciertos pasos dudosos necesitamos atarnos unos a otros por medio de una larga cuerda a fin de que si alguno resbalaba de improviso, quedase sostenido por los otros. Esta solidaridad era una medida prudente; mas no excluía todo peligro.

## **ANEXO 28**

À midi un changement d'aspect se produisit dans les parois de la galerie. Je m'en aperçus à l'affaiblissement de la lumière électrique réfléchie par les murailles. Au revêtement de lave succédait la roche vive ; le massif se composait de couches inclinées et souvent disposées verticalement. Nous étions en pleine époque de transition, en pleine période silurienne<sup>1</sup>.

« C'est évident, m'écriai-je, les sédiments des eaux ont formé, à la seconde époque de la terre, ces schistes, ces calcaires et ces grès ! Nous tournons le dos au massif granitique ! Nous ressemblons à des gens de Hambourg, qui prendraient le chemin de Hanovre pour aller à Lubeck. »

J'aurais dû garder pour moi mes observations. Mais mon tempérament de géologue l'emporta sur la prudence, et l'oncle Lidenbrock entendit mes exclamations.

« Qu'as-tu donc ? dit-il.

— Voyez ! répondis-je en lui montrant la succession variée des grès, des calcaires et les premiers indices des terrains ardoisés.

— Eh bien ?

— Nous voici arrivés à cette période pendant laquelle ont apparu les premières plantes et les premiers animaux !

— Ah ! tu penses ?

— Mais regardez, examinez, observez ! »

Je forçai le professeur à promener sa lampe sur les parois de la galerie. Je m'attendais à quelque exclamation de sa part. Mais, loin de là, il ne dit pas un mot, et continua sa route.

M'avait-il compris ou non ? Ne voulait-il pas convenir, par amour-propre d'oncle et de savant, qu'il s'était trompé en choisissant le tunnel de l'est, ou tenait-il à reconnaître

ce passage jusqu'à son extrémité ? Il était évident que nous avions quitté la route des laves, et que ce chemin ne pouvait conduire au foyer du Sneffels.

Cependant je me demandai si je n'accordais pas une trop grande importance à cette modification des terrains. Ne me trompais-je pas moi-même ? Traversions-nous réellement ces couches de roches superposées au massif granitique ?

« Si j'ai raison, pensai-je, je dois trouver quelque débris de plante primitive, et il faudra bien me rendre à l'évidence. Cherchons. »

Je n'avais pas fait cent pas que des preuves incontestables s'offrirent à mes yeux. Cela devait être, car, à l'époque silurienne, les mers renfermaient plus de quinze cents espèces végétales ou animales. Mes pieds, habitués au sol dur des laves, foulèrent tout à coup une poussière faite de débris de plantes et de coquille. Sur les parois se voyaient distinctement des empreintes de fucus et de lycopodes ; le professeur Lidenbrock ne pouvait s'y tromper ; mais il fermait les yeux, j'imagine, et continuait son chemin d'un pas invariable.

C'était de l'entêtement poussé hors de toutes limites. Je n'y tins plus. Je ramassai une coquille parfaitement conservée, qui avait appartenu à un animal à peu près semblable au cloporte actuel ; puis je rejoignis mon oncle et je lui dis :

« Voyez !

— Eh bien, répondit-il tranquillement, c'est la coquille d'un crustacé de l'ordre disparu des trilobites. Pas autre chose.

— Mais n'en concluez-vous pas ?...

— Ce que tu conclus toi-même ? Si. Parfaitement. Nous avons abandonné la couche de granit et la route des laves. Il est possible que je me sois trompé ; mais je ne serai certain de mon erreur qu'au moment où j'aurai atteint l'extrémité de cette galerie.

— Vous avez raison d'agir ainsi, mon oncle, et je vous approuverais fort si nous n'avions à craindre un danger de plus en plus menaçant.

— Et lequel ?

— Le manque d'eau.

— Eh bien ! nous nous rationnerons, Axel.

## Capitolo XX

En effet, il fallut se rationner. Notre provision ne pouvait durer plus de trois jours. C'est ce que je reconnus le soir au moment du souper. Et, fâcheuse expectation, nous avions peu d'espoir de rencontrer quelque source vive dans ces terrains de l'époque de transition.

Pendant toute la journée du lendemain la galerie déroula devant nos pas ses interminables arceaux. Nous marchions presque sans mot dire. Le mutisme de Hans nous gagnait.

La route ne montait pas, du moins d'une façon sensible ; parfois même elle semblait s'incliner. Mais cette tendance, peu marquée d'ailleurs, ne devait pas rassurer le professeur, car la nature des couches ne se modifiait pas, et la période de transition s'affirmait davantage.

La lumière électrique faisait splendidement étinceler les schistes, le calcaire et les vieux grès rouges des parois ; on aurait pu se croire dans une tranchée ouverte au milieu du Devonshire, qui donna son nom à ce genre de terrains. Des spécimens de marbres magnifiques revêtaient les murailles, les uns, d'un gris agate avec des veines blanches capricieusement accusées, les autres, de couleur incarnat ou d'un jaune taché de plaques rouges, plus loin, des échantillons de ces griottes à couleurs sombres, dans lesquels le calcaire se relevait en nuances vives.

La plupart de ces marbres offraient des empreintes d'animaux primitifs ; mais, depuis la veille, la création avait fait un progrès évident. Au lieu des trilobites rudimentaires, j'apercevais des débris d'un ordre plus parfait ; entre autres, des poissons Ganoïdes et ces Sauropteris dans lesquels l'œil du paléontologiste a su découvrir les premières formes du reptile. Les mers dévoniennes étaient habitées par un grand nombre d'animaux de cette espèce, et elles les déposèrent par milliers sur les roches de nouvelle formation.

Il devenait évident que nous remontions l'échelle de la vie animale dont l'homme occupe le sommet. Mais le professeur Lidenbrock ne paraissait pas y prendre garde.

## **ANEXO 29**

A mediodía cambiaron de aspecto las paredes de la galería. Dime cuenta de ello al observar la debilitación que sufrió la luz eléctrica reflejada por ellas. Al revestimiento de lava sucedió la roca viva. El macizo se componía de capas inclinadas y a menudo verticalmente dispuestas. Nos hallábamos en pleno período de transición, en pleno período silúrico.

—¡Es evidente —exclamó— que los sedimentos de las aguas han formado, en la segunda época de la tierra, estos esquistos, estas calizas, y estos asperones! ¡Volvemos la espalda al macizo de granito! Hacemos como los vecinos de Hamburgo que, para trasladarse a Lubeck, tomasen el camino de Hannover.

Preferible habría sido que me hubiese reservado mis observaciones: pero mi temperamento de geólogo pudo más que la prudencia, y el profesor Lidenbrock oyó mis exclamaciones.

—¿Qué tienes? —me preguntó.

—Mire usted —le contesté, mostrándole la variada sucesión de los asperones, las calizas y los primeros indicios de terrenos pizarrosos.

—¿Y qué tenemos con eso?

—Que hemos llegado al período en que aparecieron las primeras plantas y los primeros animales.

—¿Lo crees así?

—Véalo usted mismo; ¡examínelo! ¡obsérvelo!

Obligué al profesor a pasear su lámpara por delante de las paredes de la galería. Esperaba que se escapase de sus labios alguna exclamación; pero, lejos de esto, no dijo una palabra y prosiguió su camino.

¿Me había comprendido o no? ¿Era que, por vanidad de sabio y de tío, no quería convenir conmigo en que se había equivocado al elegir el túnel del Este, o que deseaba reconocer hasta el fin la galería aquella? Era evidente que habíamos abandonado el camino de las lavas, y que el que seguíamos no podía conducir al foco del Sneffels.

Pero, ¿daría yo acaso demasiada importancia a esta modificación de terreno? ¿No estaría equivocado? ¿Atravesábamos realmente aquellas capas de roca superpuestas al macizo de granito?

—Si tengo razón —pensaba—, fuerza será que halle restos de plantas primitivas, y entonces no habrá más remedio que rendirse a la evidencia. Busquemos.

No habría dado aún cien pasos, cuando descubrieron mis ojos pruebas irrefutables. Era lógico que así sucediese, porque, en el período silúrico encerraban los mares más de mil quinientas especies vegetales o animales. Mis pies habituados al duro suelo de la lava, pisaron de repente un polvo formado de deshojes de plantas y de conchas. En las paredes se veían distintamente huellas de ovas y licopodios; el profesor Lidenbrock no podía engañarse; pero me parece que cerraba los ojos y proseguía su camino con paso invariable.

Era la terquedad llevada hasta el último límite. No pude reprimirme por más tiempo; tomé una concha perfectamente conservada, que había pertenecido a un animal semejante a la cucaracha actual, me aproximé a mi tío, y, mostrándosela, le dije:

—Mire usted.

—¿Qué me muestras ahí? —respondió tranquilamente—; eso es la concha de un crustáceo perteneciente al orden ya extinguido de los trilobites, ni más ni menos.

—¿Pero no deduce usted de su presencia aquí...?

—¿Eso mismo que deduces tú? Convenido. Hemos abandonado la capa de granito y el camino de las lavas. Es posible que me haya equivocado: pero no me convenceré de mi error hasta que no haya llegado al extremo de esta galería.

—Haría usted perfectamente en proceder de ese modo, y yo aprobaría en un todo su conducta, si no fuese de temer un peligro cada vez más inminente.

—¿Cuál?

—La falta de agua.

—Pues bien, quiere decir que nos pondremos a media ración, Axel.

## Capítulo XX

En efecto, era preciso economizar este líquido, pues nuestra previsión no podía durar más de tres días, como pude comprobar por la noche, a la hora de cenar. Y lo peor del caso era que había pocas esperanzas de encontrar ningún manantial en aquellos terrenos del período de transición.

Durante todo el día siguiente, nos presentó la galería sus interminables arcadas. Caminábamos casi sin despegar nuestros labios. Hans nos había contagiado su mutismo.

El camino no ascendía, por lo menos de una manera sensible, y hasta, a veces, parecía que bajábamos. Pero esta tendencia, no muy marcada por cierto, no debía tranquilizar al profesor porque la naturaleza de las capas no se modificaba, y el período de transición se afirmaba cada vez más.

La luz eléctrica arrancaba vivos destellos a los esquistos, las calizas y los viejos asperones rojos de las paredes; parecía que nos hallábamos dentro de una zanja profunda, abierta en el condado de Devon, que da su nombre a esta clase de terrenos. Magníficos ejemplares de mármoles recubrían las paredes: unos de color gris ágata, surcados de venas blancas caprichosamente dispuestas; otros de color encarnado o amarillo con manchas rojizas; mas lejos, ejemplares de esos jaspes de matices sombríos, en los que se revela la existencia de la caliza con más vivo color.

En la mayoría de estos mármoles se veían huellas de animales primitivos; pero, desde la víspera, la creación había progresado de una manera evidente. En lugar de los trilobites rudimentarios, vi restos de un orden más perfecto, entre otros, de peces ganoideos y de esos sauropterigios en los que la perspicacia de los paleontólogos ha sabido descubrir las primeras manifestaciones de los reptiles. Los mares devonianos estaban habitados por gran número de animales de esta especie, que depositaron a miles en las rocas de nueva formación.

Era evidente que remontábamos la escala de la vida animal, cuyo último y más elevado peldaño ocupan las criaturas humanas: pero el profesor Lidenbrock no parecía fijar mientes en ella.

## ANEXO 30

Nous étions en pleine houillère.

« Une mine de charbon ! m'écriai-je.

— Une mine sans mineurs, répondit mon oncle.

— Eh ! qui sait ?

— Moi, je sais, répliqua le professeur d'un ton bref, et je suis certain que cette galerie percée à travers ces couches de houille n'a pas été faite de la main des hommes. Mais que ce soit ou non l'ouvrage de la nature, cela m'importe peu. L'heure du souper est venue. Soupons. »

Hans, prépara quelques aliments. Je mangeai à peine, et je bus les quelques gouttes d'eau qui formaient ma ration. La gourde du guide à demi pleine, voilà tout ce qui restait pour désaltérer trois hommes.

Après leur repas, mes deux compagnons s'étendirent sur leurs couvertures et trouvèrent dans le sommeil un remède à leurs fatigues. Pour moi, je ne pus dormir, et je comptai les heures jusqu'au matin.

Le samedi, à six heures, on repartit. Vingt minutes plus tard, nous arrivions à une vaste excavation ; je reconnus alors que la main de l'homme ne pouvait pas avoir creusé cette houillère ; les voûtes en eussent été ébrançonnées, et véritablement elles ne se tenaient que par un miracle d'équilibre.

Cette espèce de caverne comptait cent pieds de largeur sur cent cinquante de hauteur. Le terrain avait été violemment écarté par une commotion souterraine. Le massif terrestre, cédant à quelque puissante poussée, s'était disloqué, laissant ce large vide où des habitants de la terre pénétraient pour la première fois.

Toute l'histoire de la période houillère était écrite sur ces sombres parois, et un géologue en pouvait suivre facilement les phases diverses. Les lits de charbon étaient séparés par des strates de grès ou d'argile compacts, et comme écrasés par les couches supérieures.

À cet âge du monde qui précéda l'époque secondaire, la terre se recouvrit d'immenses végétations dues à la double action d'une chaleur tropicale et d'une humidité persistante. Une atmosphère de vapeurs enveloppait le globe de toutes parts, lui dérobaient encore les rayons du soleil.

De là cette conclusion que les hautes températures ne provenaient pas de ce foyer nouveau ; peut-être même l'astre du jour n'était-il pas prêt à jouer son rôle éclatant. Les « climats » n'existaient pas encore, et une chaleur torride se répandait à la surface entière du globe, égale à l'Equateur et aux pôles. D'où venait-elle ? De l'intérieur du globe.

En dépit des théories du professeur Lidenbrock, un feu violent couvait dans les entrailles du sphéroïde ; son action se faisait sentir jusqu'aux dernières couches de l'écorce terrestre ; les plantes, privées des bienfaisantes effluves du soleil, ne donnaient ni fleurs ni parfums, mais leurs racines puisaient une vie forte dans les terrains brûlants des premiers jours.

Il y avait peu d'arbres, des plantes herbacées seulement, d'immenses gazons, des fougères, des lycopodes, des sigillaires, des astérophylites, familles rares dont les espèces se comptaient alors par milliers.

Or c'est précisément à cette exubérante végétation que la houille doit son origine. L'écorce élastique du globe obéissait aux mouvements de la masse liquide qu'elle recouvrait. De là des fissures, des affaissements nombreux ; les plantes, entraînées sous les eaux, formèrent peu à peu des amas considérables.

Alors intervint l'action de la chimie naturelle, au fond des mers, les masses végétales se firent tourbe d'abord ; puis, grâce à l'influence des gaz, et sous le feu de la fermentation, elles subirent une minéralisation complète.

Ainsi se formèrent ces immenses couches de charbon que la consommation de tous les peuples, pendant de longs siècles encore, ne parviendra pas à épuiser.

Ces réflexions me revenaient à l'esprit pendant que je considérais les richesses houillères accumulées dans cette portion du massif terrestre. Celles-ci, sans doute, ne seront jamais mises à découvert. L'exploitation de ces mines reculées demanderait des sacrifices trop considérables. A quoi bon, d'ailleurs, quand la houille est répandue pour ainsi dire à la surface de la terre dans un grand nombre de contrées ? Aussi, telles je voyais ces couches intactes, telles elles seraient encore lorsque sonnerait la dernière heure du monde.

Cependant nous marchions, et seul de mes compagnons j'oubliais la longueur de la route pour me perdre au milieu de considérations géologiques. La température restait sensiblement ce qu'elle était pendant notre passage au milieu des laves et des schistes. Seulement, mon odorat était affecté par une odeur fort prononcée de protocarbure d'hydrogène. Je reconnus immédiatement, dans cette galerie, la présence d'une notable quantité de ce fluide dangereux auquel les mineurs ont donné le nom de grisou, et dont l'explosion a si souvent causé d'épouvantables catastrophes.

Heureusement nous étions éclairés par les ingénieux appareils de Ruhmkorff. Si, par malheur, nous avions imprudemment exploré cette galerie la torche à la main, une explosion terrible eût fini le voyage en supprimant les voyageurs.

### **ANEXO 31**

Cuando retiré la mano, vi que la tenía toda negra. Miré desde más cerca. y adquirí el convencimiento de que nos encontrábamos en un yacimiento de hulla.

—¡Una mina de carbón! —exclamé.

—Una mina sin mineros —respondió mi tío.

—¡Quién sabe —observé yo.

—Yo lo sé —replicó el profesor con aire convencido—; tengo la seguridad de que esta galería, perforada a través de estos yacimientos de hulla, no ha sido construida por los hombres. Pero poco nos importa que sea o no obra de la Naturaleza. He llegado la hora de cenar. Cenemos.

Hans preparó algunos alimentos. Yo apenas probé bocado y bebí las escasas gotas de agua que constituían mi ración. El odre del guía, lleno solamente a medias, era lo único que quedaba para apagar la sed de tres hombres.

Después de la cena, se cubrieron mis dos compañeros en sus mantas y hallaron en el sueño un remedio a sus fatigas. Por lo que a mí respecto, no pude pegar los párpados, y conté todas las horas hasta la siguiente mañana.

El sábado a las seis emprendimos nuevamente la marcha. Veinte minutos más tarde, llegamos a una vasta excavación, y me convencí entonces de que la mano del hombre no podía haber abierto aquella mina, supuesto que sus bóvedas no estaban apuntaladas y no se derrumbaban por un verdadero milagro de equilibrio.

Esta especie de caverna media cien pies de longitud por ciento cincuenta de altura. El terreno había sido violentamente removido por una conmoción subterránea. El macizo terrestre se había dislocado cediendo a alguna violenta impulsión y dejando este amplio vacío en el que penetraban por primera vez los habitantes de la tierra.

Toda la historia del período de la hulla estaba escrita sobre aquellas paredes sombrías, cuyas diversas fases podía seguir fácilmente un geólogo. Los lechos de carbón se encontraban separados por capas muy compactas de arcilla o de asperón, y como aplastados por las capas superiores.

En aquella edad del mundo que precedió al período secundario, la tierra se cubrió de inmensas vegetaciones, debidas a la acción combinada del calor tropical y de una humedad persistente. Una atmósfera de vapores rodeaba por todas partes al globo, privándole de los rayos del sol.

Este es el fundamento de la teoría de que las temperaturas elevadas no provenían de dicho astro, el cual es muy posible que aún no se hallase en estado de desempeñar su esplendoroso papel. Los climas no existían todavía, y en toda la superficie del globo reinaba un calor tórrido, que media la misma intensidad en él Ecuador que en los polos. ¿De dónde procedía? Del interior de la tierra.

A pesar de las teorías del profesor Lidenbrock, existía un fuego violento en las entrañas de nuestro esferoide, cuya acción se hacía sentir hasta en las últimas capas de la corteza terrestre. Privadas las plantas del benéfico influjo de los rayos del sol, no daban flores ni exhalaban perfumes; pero absorbían sus raíces una vida muy enérgica de los terrenos ardientes de los primeros días.

Había pocos árboles, pero abundaban las plantas herbáceas, como céspedes inmensos, helechos, licopodios, sigurias y asterofilas, familias raras cuyas especies se contaban entonces por millares.

A esta exuberante vegetación debe su origen la hulla. La corteza aún elástica del globo obedecía a los movimientos de la masa líquida que le cubría, produciéndose numerosas hendeduras y grietas; y las plantas, arrastradas debajo de las aguas, formaron poco a poco masas considerables.

Entonces intervino la acción de la química natural en el fondo de los mares, las acumulaciones vegetales se transformaron primero en turba: después, gracias a la influencia de los gases y el calor de la fermentación, se mineralizaron por completo.

De este modo se formaron esas inmensas capas de carbón que el consumo de todos los pueblos de la tierra no logrará agotar en muchos siglos.

Estas reflexiones asaltaban mi mente mientras consideraba las riquezas hulleras acumuladas en esta porción del macizo terrestre, las cuales, probablemente, no serían jamás descubiertas. La explotación de estas minas tan distantes exigiría sacrificios demasiado considerables.

Por otra parte, ¿qué necesidad había de ello, toda vez que la hulla se halla repartida, por decirlo así, por toda la superficie de la tierra, en un gran número de regiones? Era, pues, de suponer que al sonar la última hora del mundo se hallasen aquellos yacimientos carboníferos intactos y tal cual los contemplaba yo entonces.

Entretanto, seguíamos caminando, y era yo, a buen seguro, el único de los tres que olvidaba la largura del camino para abismarme en consideraciones geológicas. La temperatura seguía siendo aproximadamente la misma que cuando caminábamos entre lavas y esquistos. En cambio, se notaba un olor muy pronunciado a protocarburo de hidrógeno, lo que me hizo advertir en seguida la presencia en aquella galería de una gran cantidad de ese peligroso fluido que los mineros designan con el nombre de grisú, cuya explosión ha causado con frecuencia tan espantosas catástrofes.

Afortunadamente, nos íbamos alumbrando con los ingeniosos aparatos de Ruhmkorff. Si, por desgracia, hubiésemos imprudentemente explorado aquella galería con antorchas en las manos, una explosión terrible hubiera puesto fin al viaje, suprimiendo radicalmente a los viajeros.

### **ANEXO 32**

Nous marchions en file, précédés du chasseur ; celui-ci remontait d'étroits sentiers où deux personnes n'auraient pas pu aller de front. Toute conversation devenait donc à peu près impossible.

Au delà de la muraille basaltique du fjord de Stapi, se présentait d'abord un sol de tourbe herbacée et fibreuse, résidu de l'antique végétation des marécages de la presqu'île ; la masse de ce combustible encore inexploité suffirait à chauffer pendant

un siècle toute la population de l'Islande ; cette vaste tourbière, mesurée du fond de certains ravins, avait souvent soixante-dix pieds de haut et présentait des couches successives de détritiques carbonisés, séparées par des feuillets de tuf poreux.

### **ANEXO 33**

Marchábamos en fila, precedidos del cazador, quien nos guiaba por estrechos senderos, por los que no podían caminar dos personas de frente. La conversación se hacía, pues, poco menos que imposible.

Más allá de la muralla basáltica del fiordo de Stapi, encontramos un terreno de turba herbácea y fibrosa, restos de la antigua vegetación de los pantanos de la península. La masa de este combustible, todavía inexplorado, bastaría para calentar durante un siglo a toda la población de Islandia. Aquel vasto hornaguero, medido desde el fondo de ciertos barrancos, tenía con frecuencia setenta pies de altura, y presentaba capas sucesivas de detritus carbonizados, separados por vetas de piedra pómez y toba.

### **ANEXO 34**

Après un quart d'heure de marche, de l'autre côté du promontoire qui formait le petit port naturel, j'aperçus Hans au travail ; quelques pas encore, et je fus près de lui. A ma grande surprise, un radeau à demi terminé s'étendait sur le sable ; il était fait de poutres d'un bois particulier, et un grand nombre de madriers, de courbes, de couples de toute espèce, jonchaient littéralement le sol. Il y avait là de quoi construire une marine entière.

« Mon oncle, m'écriai-je, quel est ce bois ?

— C'est du pin, du sapin, du bouleau, toutes les espèces des conifères du Nord, minéralisées sous l'action des eaux de la mer.

— Est-il possible ?

— C'est ce qu'on appelle du « surtarbrandur » ou bois fossile.

— Mais alors, comme les lignites, il doit avoir la dureté de la pierre, et il ne pourra flotter ?

— Quelquefois cela arrive ; il y a de ces bois qui sont devenus de véritables anthracites ; mais d'autres, tels que ceux-ci, n'ont encore subi qu'un commencement de transformation fossile. Regarde plutôt, » ajouta mon oncle en jetant à la mer une de ces précieuses épaves.

Le morceau de bois, après avoir disparu, revint à la surface des flots et oscilla au gré de leurs ondulations.

« Es-tu convaincu ? dit mon oncle.



— Convaincu surtout que cela n'est pas croyable ! »

### **ANEXO 35**

Después de un cuarto de hora de marcha, descubrí a Hans trabajando, al otro lado del promontorio que formaba el puerto natural; y unos momentos después, hallábame a su lado. Con gran sorpresa mía, contemplé sobre la arena una balsa, ya medio terminada, construida con vigas de una madera especial: y un gran número de maderos de curvas y de ligaduras de toda especie cubrían materialmente el suelo. Había allí para construir una flota entera.

—Tío —dije—, ¿qué madera es esta?

—Son pinos, abetos, abedules y todas las especies de coníferas de los países septentrionales, mineralizadas por la acción del agua del mar.

—¿Es posible?

—Esto es lo que se llama *surtarbrandur*, o madera fósil.

—Pero entonces deberán tener, como lignitos, la dureza de la piedra, y no podrán flotar.

—A veces ocurre eso. Hay maderas de éstas que se convierten en verdaderas antracitas; pero otras, como las que ves, no han experimentado aún más que un principio de fosilización. Ya verás.

Y acompañando la acción a la palabra, arrojó al mar uno de aquellos trozos de madera, el cual, después de sumergirse, volvió a subir a la superficie del agua, donde flotó mecido por las olas.

—¿Te has convencido? —Me preguntó mi tío.

—Convencido principalmente de que todo lo que veo es increíble.

### **ANEXO 36**

Hans se mit à ce travail, que ni mon oncle ni moi nous n'eussions accompli. L'impatience emportant notre main, la roche eût volé en éclats sous ses coups précipités. Le guide, au contraire, calme et modéré, usa peu à peu le rocher par une série de petits coups répétés, creusant une ouverture large d'un demi-pied. J'entendais le bruit du torrent s'accroître, et je croyais déjà sentir l'eau bienfaisante rejaillir sur mes lèvres.

Bientôt le pic s'enfonça de deux pieds dans la muraille de granit ; le travail durait depuis plus d'une heure ; je me tordais d'impatience ! Mon oncle voulait employer les grands moyens. J'eus de la peine à l'arrêter, et déjà il saisissait son pic, quand soudain

un sifflement se fit entendre. Un jet d'eau s'élança de la muraille et vint se briser sur la paroi opposée.

Hans, à demi renversé par le choc, ne put retenir un cri de douleur. Je compris pourquoi lorsque, plongeant mes mains dans le jet liquide, je poussai à mon tour une violente exclamation : la source était bouillante.

« De l'eau à cent degrés ! m'écriai-je.

— Eh bien, elle refroidira, » répondit mon oncle.

Le couloir s'emplissait de vapeurs, tandis qu'un ruisseau se formait et allait se perdre dans les sinuosités souterraines ; bientôt après, nous y puisions notre première gorgée.

Ah ! quelle jouissance ! quelle incomparable volupté ! Qu'était cette eau ? D'où venait-elle ? Peu importait. C'était de l'eau, et, quoique chaude encore, elle ramenait au cœur la vie prête à s'échapper. Je buvais sans m'arrêter, sans goûter même.

Ce ne fut qu'après une minute de délectation que je m'écriai :

« Eh ! mais c'est de l'eau ferrugineuse !

— Excellente pour l'estomac, répliqua mon oncle, et d'une haute minéralisation ! Voilà un voyage qui vaudra celui de Spa ou de Tœplitz !

— Ah ! que c'est bon !

— Je le crois bien, une eau puisée à deux lieues sous terre ; elle a un goût d'encre qui n'a rien de désagréable. Une fameuse ressource que Hans nous a procurée là ! Aussi je propose de donner son nom à ce ruisseau salubre.

— Bien ! » m'écriai-je.

Et le nom de « Hans-bach » fut aussitôt adopté. Hans n'en fut pas plus fier. Après s'être modérément rafraîchi, il s'accota dans un coin avec son calme accoutumé.

« Maintenant, dis-je, il ne faudrait pas laisser perdre cette eau.

— A quoi bon ? répondit mon oncle, je soupçonne la source d'être intarissable.

— Qu'importe ! remplissons l'outre et les gourdes, puis nous essayerons de boucher l'ouverture. »

Mon conseil fut suivi. Hans, au moyen d'éclats de granit et d'étope, essaya d'obstruer l'entaille faite à la paroi. Ce ne fut pas chose facile. On se brûlait les mains sans y parvenir ; la pression était trop considérable, et nos efforts demeurèrent infructueux.

« Il est évident, dis-je, que les nappes supérieures de ce cours d'eau sont situées à une grande hauteur, à en juger par la force du jet.

— Cela n'est pas douteux, répliqua mon oncle, il y a là mille atmosphères de pression, si cette colonne d'eau a trente-deux mille pieds de hauteur. Mais il me vient une idée.

— Laquelle ?

— Pourquoi nous entêter à boucher cette ouverture ?

-Mais, parce que... »

J'aurais été embarrassé de trouver une bonne raison.

« Quand nos gourdes seront vides, sommes-nous assurés de trouver à les remplir ?

— Non, évidemment.

— Eh bien, laissons couler cette eau : elle descendra naturellement et guidera ceux qu'elle rafraîchira en route !

— Voilà qui est bien imaginé ! m'écriai-je, et avec ce ruisseau pour compagnon, il n'y a plus aucune raison pour ne pas réussir, dans nos projets.

— Ah ! tu y viens, mon garçon, dit le professeur en riant.

— Je fais mieux que d'y venir, j'y suis.

— Un instant ! Commençons par prendre quelques heures de repos. »

J'oubliais vraiment qu'il fit nuit. Le chronomètre se chargea de me l'apprendre. Bientôt chacun de nous, suffisamment restauré et rafraîchi, s'endormit d'un profond sommeil.

### **ANEXO 37**

Hans acometió esta empresa, a la que ni mi tío ni yo hubiésemos sido capaces de dar cima. Nuestras manos, impulsadas por la impaciencia, hubieran imprudentemente acelerado nuestros golpes y hecho volar la roca en mil pedazos. El guía, por el contrario, tranquilo y moderado, desgastó poco a poco la roca mediante una serie de pequeños golpes repetidos, hasta abrir un orificio de medio pie de diámetro. El ruido del torrente aumentaba por momentos, y ya creía sentir que el agua bienhechora humedecía mis ardorosos labios.

No tardó la piqueta en penetrar dos pies en la pared de granito. Una hora duraba ya la difícil operación y yo me retorció de impaciencia. Mi tío quería recurrir a las medidas extremas, costándome no poco el detenerle; pero al ir a empuñar su piqueta, se oyó

de repente un silbido, y surgió del orificio, con violencia, un gran chorro de agua que fue a estrellarse contra la pared opuesta.

Hans, medio derribado por el choque, no pudo reprimir un grito de dolor. Cuando sumergí mis manos en el líquido, lancé a mi vez una exclamación violenta y me expliqué el lamento del guía: el agua estaba hirviendo.

— ¡Agua a 100° de temperatura! —exclamé.

— ¡Ya se enfriará! —Me respondió mi tío.

La galería se llenaba de vapores, en tanto que se formaba un arroyo que iba a perderse en las sinuosidades subterráneas. No tardamos en gustar nuestros primeros sorbos.

— ¡Oh, qué placer tan grande! ¡Qué incomparable voluptuosidad! ¿Qué agua era aquella? ¿De dónde venía? Poco nos importaba. Era agua, y, aunque caliente aún, devolvía al corazón la vida que casi se le escapaba. Yo bebía sin descanso y sin saborearla siquiera.

Hasta después de un minuto de goce, no exclamé:

— Es agua ferruginosa

— Excelente para el estómago —replicó mi tío—, y de una mineralización muy intensa. He aquí un viaje que nos reportará los mismos frutos que si hubiésemos ido a Spa o a Toeplitz.

— ¡Oh, qué buena es!

— ¡Ya lo creo! como extraída a dos leguas debajo de tierra; tiene un sabor a tinta que no es desagradable, por cierto. ¡Qué problema nos ha resuelto este Hans! Propongo que le demos su nombre a este saludable arroyuelo.

— Me parece muy bien —exclamé yo.

Y quedó bautizado el arroyo con el nombre de Hans-Bach.

Hans no se envaneció demasiado. Después de apagar su sed, se recostó en un rincón con su calma acostumbrada.

— Ahora —dije yo—, convendría no dejar perder esta agua.

— ¿Para qué la queremos? —respondió el profesor—, Creo que este manantial debe ser inagotable.

— No importa. Llenemos las calabazas y el odre, y tratemos en seguida de taponar la abertura.

Se siguió mi consejo: Hans, con trozos de granito y estopa, trató de obstruir el orificio abierto en la pared. Mas no era cosa fácil: el agua abrasaba las manos, la presión era extraordinaria y nuestros reiterados esfuerzos resultaron infructuosos.

—Es evidente —observé— que las capas superiores de este caudal de agua se hallan a gran altura, a juzgar por la fuerza con que sale.

—La cosa no es dudosa —replicó mi tío—; si esta columna de agua tiene 32.000 pies de altura, su presión en este orificio es de 1.000 atmósferas. Pero tengo una idea.

—¿Cuál?

—¿Por qué obstinamos en taponar esta apertura?

—Pues, porque...

La verdad es que no pude encontrar ninguna razón convincente.

—Cuando hayamos llenado nuestras vasijas. ¿Estamos seguros de volver a encontrar donde llenarlas de nuevo?

—Evidentemente, no.

—Pues entonces, dejemos correr esta agua, que, al descender siguiendo su curso natural, nos servirá de guía, al par que atemperará nuestra sed.

—¡Muy bien pensado! —exclamé—: y teniendo por compañero a este arroyo, no hay ninguna razón para que nuestros proyectos no obtengan un éxito lisonjero.

—¡Ah, hijo mío! Veo que te vas convenciendo —dijo el profesor, sonriente.

—No me ves convenciendo; estoy convencido ya, tío.

—¡Un instante! Empecemos por tomarnos algunas horas de reposo.

Me había olvidado por completo de que era de noche. El cronómetro se encargó de advertírmelo. Satisfecha la sed y el apetito, no tardamos en sumirnos los tres en un profundo sueño.

### **ANEXO 38**

La descente recommença cette fois par la nouvelle galerie. Hans marchait en avant, selon son habitude. Nous n'avions pas fait cent pas, que le professeur, promenait sa lampe le long des murailles, s'écriait :

« Voilà les terrains primitifs ! nous sommes dans la bonne voie ! marchons ! marchons !

Lorsque la terre se refroidit peu à peu aux premiers jours du monde, la diminution de son volume produisit dans l'écorce des dislocations, des ruptures, des retraits, des fendilles. Le couloir actuel était une fissure de ce genre, par laquelle s'épanchait autrefois le granit éruptif ; ses mille détours formaient un inextricable labyrinthe à travers le sol primordial.

A mesure que nous descendions, la succession des couches composant le terrain primitif apparaissait avec plus de netteté. La science géologique considère ce terrain primitif comme la base de l'écorce minérale, et elle a reconnu qu'il se compose de trois couches différentes, les schistes, les gneiss, les micaschistes, reposant sur cette roche inébranlable qu'on appelle le granit.

Or, jamais minéralogistes ne s'étaient rencontrés dans des circonstances aussi merveilleuses pour étudier la nature sur place. Ce que la sonde, machine inintelligente et brutale, ne pouvait rapporter à la surface du globe de sa texture interne, nous allions l'étudier de nos yeux, le toucher de nos mains.

A travers l'étagé des schistes colorés de belles nuances vertes serpentaient des filons métalliques de cuivre, de manganèse avec quelques traces de platine et d'or. Je songeais à ces richesses enfouies dans les entrailles du globe et dont l'avidité humaine n'aura jamais la jouissance ! Ces trésors, les bouleversements des premiers jours les ont enterrés à de telles profondeurs, que ni la pioche, ni le pic ne sauront les arracher à leur tombeau.

Aux schistes succédèrent les gneiss, d'une structure stratiforme, remarquables par la régularité et le parallélisme de leurs feuillets, puis, les micaschistes disposés en grandes lamelles rehaussées à l'œil par les scintillations du mica blanc.

### **ANEXO 39**

Emprendimos en seguida el descenso por la nueva galería. Hans marchaba delante, como era su costumbre. No habíamos avanzado aún cien pasos, cuando exclamó el profesor, paseando su lámpara a lo largo de las paredes:

—¡Aquí tenemos los terrenos primitivos! ¡Vamos por buen camino! ¡Adelante! ¡Adelante!

Cuando la tierra se fue enfriando poco a poco, de los primeros días del mundo, la disminución de su volumen produjo en su corteza dislocaciones, rupturas, depresiones y fendas. La galería que recorrimos entonces era una de esas grietas por la cual se derramaba en otro tiempo el granito eruptivo; sus mil recodos formaban un inextricable laberinto a través del terreno primordial.

A medida que descendíamos, la sucesión de las capas que formaban el terreno primitivo se mostraban con mayor claridad. La ciencia geológica considera este terreno primitivo como la base de la corteza mineral, y ha descubierto que se compone de tres

capas diferentes: los esquistos, los gneis y los micaesquistos, que reposan sobre esa inquebrantable roca que llamamos granito.

Jamás se habían encontrado los mineralogistas en tan maravillosas circunstancias para poder estudiar la Naturaleza en su propio seno. La parte de la contextura del globo que la sonda, instrumento ininteligente y brutal, no podía trasladar a su superficie, íbamos a estudiarlo con nuestros propios ojos, a palparlo con nuestras propias manos.

A través de la capa de los esquistos, coloreados de bellos matices verdes, serpenteaban filones metálicos de cobre y de manganeso con algunos vestigios de oro y de platino. Esto me hacía pensar en las inmensas riquezas sepultadas en las entrañas del globo, que la codicia humana no disfrutará jamás. Los cataclismos de los primeros días hubieron de enterrarlas en tales profundidades, que ni el azadón ni el pico lograrán arrancarlas de sus tumbas.

A los esquistos sucedieron los gneis, de estructura estratiforme, notables por la regularidad y paralelismo de sus hojas; y después los micaesquistos, dispuestos en grandes láminas, cuya visibilidad realzaban los centelleos de la mica blanca.

#### **ANEXO 40**

Sous nos pieds s'ouvrit alors un puits assez effrayant. Mon oncle ne put s'empêcher de battre des mains en calculant la roideur de ses pentes.

« Voilà qui nous mènera loin, s'écria-t-il, et facilement, car les saillies du roc font un véritable escalier ! »

Les cordes furent disposées par Hans de manière à prévenir tout accident. La descente commença. Je n'ose l'appeler périlleuse, car j'étais déjà familiarisé avec ce genre d'exercice.

Ce puits était une fente étroite pratiquée dans le massif, du genre de celles qu'on appelle « faille » ; la contraction de la charpente terrestre, à l'époque de son refroidissement, l'avait évidemment produite. Si elle servit autrefois de passage aux matières éruptives vomies par le Sneffels, je ne m'expliquais pas comment celles-ci n'y laissèrent aucune trace. Nous descendions une sorte de vis tournante qu'on eût cru faite de la main des hommes.

De quart d'heure en quart d'heure, il fallait s'arrêter pour prendre un repos nécessaire et rendre à nos jarrets leur élasticité. On s'asseyait alors sur quelque saillie, les jambes pendantes, on causait en mangeant, et l'on se désaltérait au ruisseau.

Il va sans dire que, dans cette faille, le Hans-bach s'était fait cascade au détriment de son volume ; mais il suffisait et au delà à étancher notre soif ; d'ailleurs, avec les déclivités moins accusées, il ne pouvait manquer de reprendre son cours paisible. En ce moment il me rappelait mon digne oncle, ses impatiences et ses colères, tandis que, par les pentes adoucies, c'était le calme du chasseur islandais.

Le 6 et le 7 juillet, nous suivîmes les spirales de cette faille, pénétrant encore de deux lieues dans l'écorce terrestre, ce qui faisait près de cinq lieues au-dessous du niveau de la mer. Mais, le 8, vers midi, la faille prit, dans la direction du sud-est, une inclinaison beaucoup plus douce, environ quarante-cinq degrés.

#### **ANEXO 41**

Entonces se abrió entre nosotros un pozo bastante imponente. Mi tío no pudo abstenerse de palmotear como un niño, calculando la rapidez de sus pendientes.

—He aquí un pozo —exclamó—, que nos llevará muy lejos, y con facilidad, porque los salientes de las rocas forman una verdadera escalera.

Hans preparó las cuerdas a fin de prevenir todo accidente, y dio principio el descenso, que no me atrevo a calificar de peligroso, porque me encontraba ya familiarizado con este género de ejercicio.

Era este pozo una angosta fenda practicada en el macizo, una de esas grietas conocidas en mineralogía con el nombre de padrastrós, producida evidentemente por la contracción de la armadura terrestre; en la época de su enfriamiento. Si en otro tiempo dio pase a las materias eruptivas vomitadas por el Sneffels, no me explico cómo éstas no dejaron en él rastro alguno. Bajábamos por una especie de escalera de caracol que parecía obra de la mano del hombre.

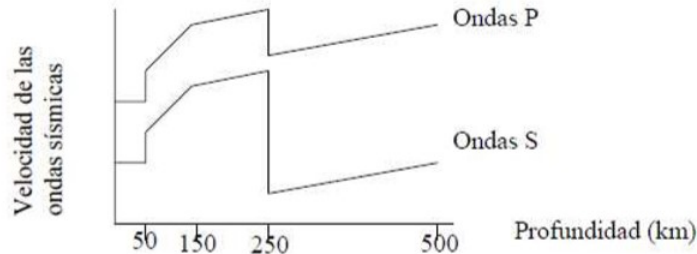
De cuarto en cuarto de hora era preciso detenerse para descansar y devolver la elasticidad a nuestras corvas. Entonces nos sentábamos sobre algún saliente rocoso, con las piernas colgando, conversábamos, mientras hacíamos alguna frugal comida, y apagábamos después nuestra sed en el arroyo.

No es preciso decir que dentro de aquella grieta el Hans-Bach se había convertido en cascada, con detrimento de su volumen; pero aún bastaba con creces a satisfacer nuestra sed. Además, era seguro que cuando se presentasen declives menos pronunciados, recobraría nuevamente su pacífico curso. En aquel momento, recordábame a mi dignísimo tío, con sus impetuosidades y cóleras: mientras que, en las pendientes suaves, su calma me hacía pensar en la del cazador islandés.

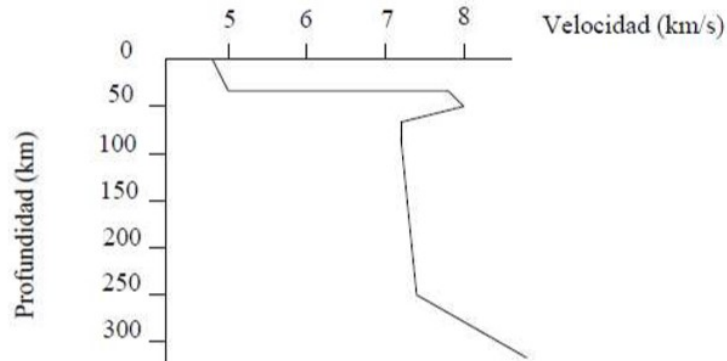
Los días 6 y 7 de julio seguimos descendiendo por las espirales de la grieta, penetrando dos leguas más en la corteza terrestre, lo que nos colocaba a cinco leguas bajo el nivel del mar. Pero el 5, a eso del mediodía, tomó el pozo una inclinación mucho menos acentuada, de unos 40° aproximadamente, en dirección Sudeste.

## ANEXO 42

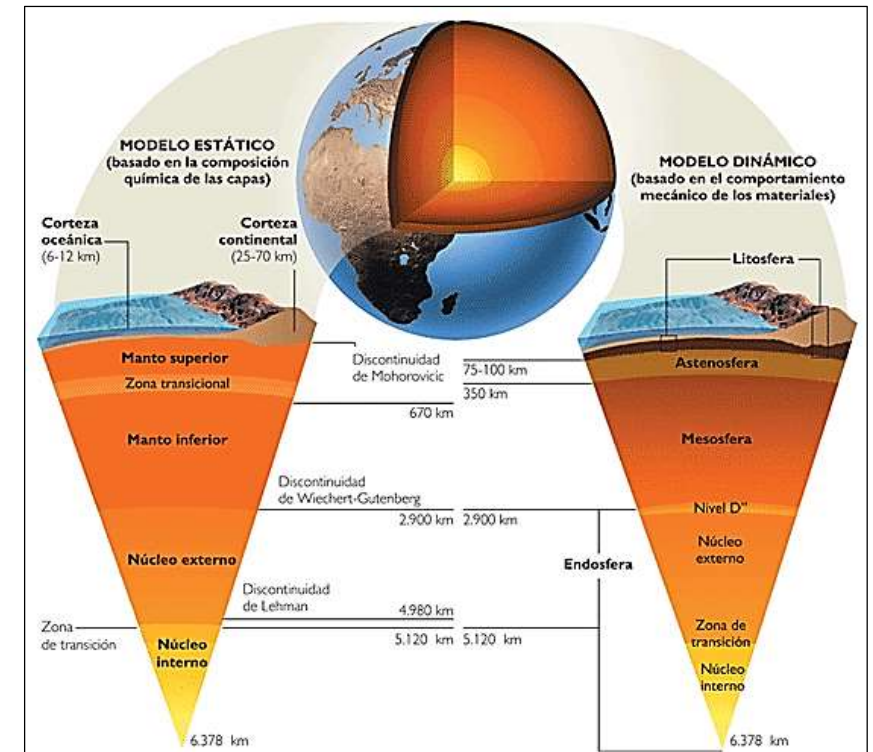
- La siguiente gráfica muestra la propagación de las ondas sísmicas en un planeta imaginario de 500 km de diámetro del cual queremos conocer la estructura interna:
  - ¿Qué sabemos de la corteza del planeta?
  - ¿Qué características tiene el manto?
  - ¿Cómo es el núcleo?



- Observa la siguiente gráfica que se muestra la velocidad de transmisión de las ondas sísmicas S cerca de la superficie:
  - ¿Por qué aumenta la velocidad de las ondas a los 50 km de profundidad?
  - ¿A qué se debe el descenso de velocidad que se produce a los 70 km de profundidad?
  - ¿Por qué pueden atravesar esta zona del manto las ondas S?
  - ¿Por qué aumenta la velocidad a los 250 km de profundidad?



## ANEXO 43



Fuente: <http://www.kalipedia.com>, grupo Santillana

## ANEXO 44

1783 : l'éruption du Laki, en islande

Commencée en 1783, l'éruption dure 8 mois. Ce volcan comprend 115 cratères sur une longueur de 25 km. Les épanchements de laves sont abondants. En revanche, les cendres volcaniques représentent un volume assez faible.

Cette éruption constitue la plus grande catastrophe de l'Islande. Les dégâts matériels sont considérables. Les effets les plus néfastes sont dus aux émissions de cendres et de gaz qui polluent les eaux et les pâturages. Aucune perte humaine n'est causée directement par les coulées de laves. Mais les récoltes et le bétail sont lourdement touchés entraînant épidémies et famines parmi la population. Entre 1783 et 1786, la mortalité islandaise est de l'ordre de 22 %.

La même année, une autre éruption se déroule au Japon accentuant les effets du Laki. Les poussières volcaniques et les gaz causent une brume bleuâtre s'étendant dans l'hémisphère nord, accompagnée d'une baisse de la température de 1 °C.

En France, les famines qui suivent l'éruption du Laki, favorisent le mécontentement général, et la multiplication d'émeutes. Certains font le lien avec le déclenchement de la Révolution française de 1789.

*Fuente: Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie*

#### **ANEXO 45**

##### **1783 : la erupción de Laki, en Islandia**

Iniciada en 1783, la erupción dura 8 meses. Este volcán incluye 115 cráteres en una longitud de 25 km. Las efusiones de las lavas son abundantes. Por otro lado, la ceniza volcánica representa un volumen bastante pequeño.

Esta erupción es el mayor desastre en Islandia. El daño material es considerable. Los efectos más perjudiciales se deben a las emisiones de cenizas y gases que contaminan el agua y los pastos. Ninguna pérdida humana es causada directamente por los flujos de lava. Sin embargo, los cultivos y el ganado se ven muy afectados, lo que resulta en epidemias y hambrunas entre la población. Entre 1783 y 1786, la mortalidad de Islandia es del orden del 22%.

Ese mismo año, otra erupción tuvo lugar en Japón, acentuando los efectos de Laki. El polvo y los gases volcánicos causaron una bruma azulada en el hemisferio norte, acompañada por una caída de temperatura de 1 °C.

En Francia, las hambrunas que siguieron a la erupción de Laki, promovieron el descontento general y la multiplicación de disturbios. Algunos de ellos están relacionados con el estallido de la Revolución Francesa de 1789.

*Fuente: Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie*

#### **ANEXO 46**

*Entrevista a Aline Peltier por Dora Courvon Tavcar. Abril 2010*

##### **Les dessous du volcan islandais Eyjafjöll**

Le volcan islandais Eyjafjöll, la "montagne des îles" a, durant une longue semaine, craché un nuage de cendres jusqu'au vendredi 23 avril. Aujourd'hui, l'éruption n'est toujours pas terminée. Aline Peltier, volcanologue à l'Institut de Physique du Globe de Paris, commente la singularité de ce volcan.

##### **Quelle particularité géologique de l'Islande explique son volcanisme intense ?**

**Aline Peltier** : L'Islande est une île singulière. C'est la seule partie émergée de la dorsale médioatlantique, au niveau de laquelle se forment les plaques américaine et eurasiatique grâce à d'importantes remontées de magma. L'Islande est également située à l'aplomb d'un point chaud dont le centre se trouve au niveau du plus

imposant des glaciers Islandais, le Vatnajökull, qui occupe une grande partie de l'est de l'île. L'intense activité volcanique de l'Islande, qui connaît en moyenne une éruption tous les cinq ans, résulte donc de la combinaison de ces deux contextes géodynamiques. Si le "magmatisme" de certains volcans est exclusivement lié à l'un ou à l'autre de ces contextes, la majorité d'entre eux ont un "magmatisme" d'origine mixte. C'est le cas d'Eyjafjöll et de ses voisins, dont l'activité volcanique a débuté il y a 2 à 3 millions d'années. Ils se situent au sud de l'Islande, dans une zone où se mêlent magmatisme de point chaud et magmatisme de dorsale et émettent des magmas de composition dite "transitionnelle". Grâce aux enregistrements sismiques, nous savons que le magma émis par Eyjafjöll vient de 25 à 30 kilomètres de profondeur et qu'il a entamé son ascension en avril 2009.

##### **L'éruption de 2010 a connu deux phases bien distinctes. en quoi sont-elles différentes ?**

**A.P.** : Eyjafjöll a en effet connu deux phases éruptives. La première a débuté le 20 mars 2010 et s'est terminée le 13 avril. On la qualifie de "fissurale" car le magma s'épanchait depuis une fissure latérale située sur le flanc est du volcan, entre deux glaciers. Elle a produit des coulées de lave fluide aux conséquences mineures pour l'île et nulles pour l'Europe. La seconde phase a commencé le 14 avril et continue encore aujourd'hui. Cette fois, les émissions se font depuis le cratère principal du volcan, qui est surmonté par une calotte de glace épaisse de 200 mètres. Beaucoup plus intense et violente, la libération de magma et de gaz a été accompagnée pendant plus d'une semaine d'explosions à l'origine du panache de cendres qui a atteint le ciel européen le 15 avril.

##### **Comment expliquer le caractère explosif de la seconde phase de l'éruption ?**

**A.P.** : Deux facteurs complémentaires peuvent être invoqués. Le plus important étant l'interaction entre le magma et la glace. La rencontre de la lave, à 1200°C, et de la glace, à 0°C produit un véritable choc thermique : la glace est instantanément vaporisée en gaz, phénomène qui s'accompagne d'une libération d'énergie qui fragmente le mélange en cendres légères et volatiles. Dans le cas présent, on estime que 20% du volume total des produits volcaniques se sont ainsi retrouvés projetés dans l'atmosphère durant les premiers jours de l'éruption. Le second facteur a trait à la composition chimique et gazeuse du magma. Plus celui-ci est riche en silice, plus il est visqueux et cohésif, et plus son potentiel explosif est important. Lors de la première phase, la teneur en silice du magma était de 47%, contre 58% pour le magma secondairement libéré. Cet enrichissement en silice, qui résulte certainement d'un temps de résidence plus long au sein d'un réservoir magmatique, confère à ce magma une charge explosive plus forte, également renforcée par une teneur en gaz élevée.

##### **Où en est l'éruption aujourd'hui ?**

**A.P.** : Depuis le jeudi 22 avril, le panache de cendres n'est plus que faiblement alimenté car les explosions ont fortement diminué suite à la fonte d'environ 1/3 de la portion de la glace qui surplombait le cratère. Mais l'activité du volcan n'a pas cessé pour autant. Au contraire, elle reste identique à ce qu'elle a été lors des premiers jours en libérant 500 mètres cube de magma et de gaz par seconde. Cependant, si la composition du magma n'évolue pas, autrement dit si son taux en silice n'augmente

pas, et si des nouvelles fractures sous-glaciaires n'apparaissent pas, il n'y a aucune raison pour que le panache de cendres se développe à nouveau.

#### **Doit-on craindre un réveil du volcan voisin, le Katla ?**

**A.P. :** Pour l'instant, le Katla n'émet aucun signal alarmant : les sismomètres ne détectent aucune activité sismique, et les GPS n'ont pas mesuré de gonflement de la croûte terrestre autour de ce volcan. Un tel soulèvement aurait indiqué que le réservoir magmatique du Katla serait en train de se remplir. Remplissage qui pourrait se faire depuis les conduits d'Eyjafjöll si ces deux volcans étaient liés. Mais le lien entre ces deux volcans n'est qu'hypothétique : il a été supposé car les deux dernières éruptions d'Eyjafjöll, en 1612 et en 1821, ont été suivies par l'entrée en éruption du Katla.

#### **ANEXO 47**

*Entrevista a Aline Peltier por Dora Courvon Tavcar. Abril 2010*

##### **Bajo el volcán islandés Eyjafjöll**

El volcán islandés Eyjafjöll, la "montaña de las islas", escupió una nube de cenizas hasta el viernes 23 de abril. Hoy la erupción todavía no ha terminado. Aline Peltier, volcanóloga del Instituto de Física del de París, comenta la singularidad de este volcán.

#### **¿Qué rasgo geológico de Islandia explica su intenso volcanismo?**

**Aline Peltier:** Islandia es una isla singular. Es la única parte emergente de la dorsal medio-atlántica, en la cual se forman las placas americana y de eurasiática debido a la afloración fuerte del magma. Islandia también se encuentra en un punto caliente cuyo centro se encuentra a nivel del más imponente de los glaciares islandeses, el Vatnajökull, que ocupa una gran parte del este de la isla. La intensa actividad volcánica de Islandia, que experimenta una erupción cada cinco años en promedio, surge por lo tanto de la combinación de estos dos contextos geodinámicos. Si el "magmatismo" de algunos volcanes está ligado exclusivamente a uno u otro de estos contextos, la mayoría de ellos tiene un "magmatismo" de origen mixto. Este es el caso de Eyjafjöll y sus vecinos, cuya actividad volcánica comenzó hace 2 a 3 millones de años. Están localizados en el sur de Islandia, en un área donde se mezclan magmatismo de punto caliente y magmatismo de dorsal y emiten magmas de composición "transicional". Gracias a las grabaciones sísmicas, sabemos que el magma emitido por Eyjafjöll viene de 25 a 30 kilómetros de profundidad y que comenzó su ascenso en abril de 2009.

#### **La erupción 2010 experimentó dos fases distintas. ¿En qué son diferentes?**

**A.P. :** Efectivamente, Eyjafjöll experimentó dos fases eruptivas. La primera comenzó el 20 de marzo de 2010 y finalizó el 13 de abril. Se la llama "fisural" porque el magma se derramó de una fisura lateral situada en el flanco oriental del volcán, entre dos glaciares. Produjo flujos de lava fluida con consecuencias menores para la isla y ninguna para Europa. La segunda fase comenzó el 14 de abril y continúa hoy. Esta vez, las emisiones provienen del cráter principal del volcán, que está coronado por una

capa de hielo de 200 metros de espesor. Mucho más intensa y violenta, la liberación de magma y gas fue acompañada durante más de una semana de explosiones que están en el origen de las cenizas que alcanzaron el cielo europeo el 15 de abril.

#### **¿Cómo explicar la naturaleza explosiva de la segunda fase de la erupción?**

**A.P. :** Se pueden invocar dos factores complementarios. El más importante es la interacción entre magma y hielo. El encuentro entre lava a 1200 ° C y hielo a 0 ° C produce un verdadero choque térmico: el hielo se vaporiza instantáneamente en gas, que se acompaña de una liberación de energía que rompe la mezcla en cenizas ligeras y volátiles. En este caso, se estima que el 20% del volumen total de productos volcánicos ha sido proyectado en la atmósfera durante los primeros días de la erupción. El segundo factor se refiere a la composición química y gaseosa del magma. Cuanto más rica en sílice, más viscosa y cohesiva es, y mayor es su potencial explosivo. En la primera fase, el contenido de sílice del magma fue del 47%, comparado con el 58% del magma liberado secundariamente. Este enriquecimiento de sílice, que es sin duda el resultado de un mayor tiempo de residencia dentro de un depósito magmático, da al magma una carga explosiva más alta, reforzada también por un alto contenido de gas.

#### **¿En qué punto se encuentra la erupción hoy?**

**A.P. :** Desde el jueves, 22 de abril, las cenizas están poco alimentadas porque las explosiones han disminuido drásticamente después de la fusión de alrededor de 1/3 del hielo que sobresale del cráter. Pero la actividad del volcán no ha cesado. Por el contrario, permanece idéntico a lo que fue durante los primeros días liberando 500 metros cúbicos de magma y gas por segundo. Sin embargo, si la composición del magma no cambia, en otras palabras, si su contenido de sílice no aumenta, y si no aparecen nuevas fracturas subglaciares, no hay razón para que el penacho de cenizas se desarrolle nuevamente.

#### **¿Debemos temer un resurgimiento del volcán cercano, el Katla?**

**A.P. :** Por el momento, el Katla no emite ninguna señal alarmante: los sismómetros no detectan ninguna actividad sísmica, y el GPS no mide el hinchamiento de la corteza terrestre alrededor de este volcán. Tal levantamiento habría indicado que las reservas magmáticas del Katla estarían llenándose. Un llenado que podría hacerse desde los conductos de Eyjafjöll si estos dos volcanes estuvieran conectados. Pero el vínculo entre estos dos volcanes es sólo hipotético. La hipótesis nace del hecho de que las dos últimas erupciones de Eyjafjöll, en 1612 y en 1821, fueron seguidas por la erupción de la Katla.

#### **ANEXO 48**

##### **Le volcan eldfell**

Le volcan Eldfell est un volcan récent et actif en Islande sur l'île de Heimaey dans les îles Vestmann. Il est "né" brutalement le 22 janvier 1973. Son éruption avait entraîné l'évacuation de la population de l'île recouverte en partie par la lave et les cendres. Une coulée de lave a détruit partiellement la ville d'Heimaey sur l'île homonyme. Des

bombes enflammées de plusieurs centaines de kilos, lancées à 3 000 mètres d'altitude, sont retombées dans un sifflement assourdissant, traversant les toits et allumant des incendies. L'épisode resté célèbre est l'arrosage continu d'une des coulées de lave par pompage d'eau de mer (plusieurs millions de tonnes d'eau), coulée qui menaçait d'obstruer le port de pêche, l'un des plus actifs du pays. Cet arrosage a entraîné le refroidissement et le détournement de la coulée (ce point est contesté par certains vulcanologues).

Fuente: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Eldfell>

#### **ANEXO 49**

##### **El volcán eldfell**

El volcán Eldfell es un volcán reciente y activo en Islandia en la isla de Heimaey en las islas Vestmann. "Nació" brutalmente el 22 de enero de 1973. Su erupción había llevado a la evacuación de la población de la isla cubierta en parte por la lava y las cenizas. Un flujo de lava destruyó parcialmente la ciudad de Heimaey en la isla homónima. Bombas inflamadas de varios cientos de kilos, lanzadas a 3.000 metros de altitud, cayeron en un silbido ensordecedor, cruzando los tejados y provocando incendios. El más famoso episodio fue el riego continuo de una de las coladas de lava, por el bombeo de agua de mar (varios millones de toneladas de agua). La colada amenazó con obstruir el puerto pesquero, uno de los más activos del país. Este riego condujo al enfriamiento y desviación de la colada (este punto es cuestionado por algunos vulcanólogos).

Fuente: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Eldfell>

#### **ANEXO 50**

##### **El ocaso de una era de carbón**

Asistió al nacimiento en 1951 del germen que dio lugar a la Unión Europea. Aunque mucho antes de la creación de aquella Comunidad Europea del Carbón y el Acero, este mineral ya había alimentado la Revolución Industrial. La misma Europa que cimentó su crecimiento en el carbón lidera ahora el movimiento para desengancharse de este combustible fósil, el más contaminante y el que más gases de efecto invernadero emite al producir electricidad.

Una combinación de políticas europeas —motivadas por una mayor conciencia medioambiental— y razones de mercado —el coste de las renovables sigue cayendo— han hecho que la UE haya construido una estructura legislativa encaminada a sacar el carbón del *mix* energético. La Agencia Internacional de la Energía, en su último informe sobre el carbón, pronosticaba que su consumo para electricidad se reducirá un 4,1% cada año en la UE de aquí a 2021.

La agencia señalaba como factores determinantes "el marco climático y energético" —Europa se ha comprometido a que su sector eléctrico estará limpio de gases de efecto invernadero en 2050—; el sistema de derechos de emisiones que pone precio al CO<sub>2</sub>

expulsado; y "el aumento de la oposición pública y la disminución del apoyo financiero de los bancos" y fondos a la construcción de plantas de carbón.

Eurelectric —la asociación que representa a 3.500 compañías de la UE— lo ha puesto negro sobre blanco: las eléctricas no construirán más centrales de carbón en Europa después de 2020. Eso sí, de esta reciente declaración se han descolgado las compañías de Grecia y Polonia; este último país —donde el 80% de la electricidad se genera con carbón— es el *ogro* de la lucha europea contra el cambio climático.

Pocos dudan de que las renovables son el futuro, pero hasta que se desarrollen los grandes sistemas de almacenamiento hará falta una pareja de baile para que respalde la solar, la eólica y la hidráulica cuando no haya sol, viento y agua en los pantanos. El carbón y el gas —menos emisor de CO<sub>2</sub>— cortejan a las renovables para esta transición.

"Nuevas plantas no va a haber", apuntala Carlos Fernández Álvarez, responsable del informe del carbón de la Agencia Internacional de la Energía. "Aunque el carbón se seguirá usando". La duda es hasta cuándo.

El instituto alemán Climate Analytics fija 2030 como límite de funcionamiento para las más de 300 centrales de carbón europeas si la UE quiere cumplir con sus compromisos del Acuerdo de París contra el calentamiento. Esto implicaría no agotar la vida útil de muchas instalaciones. Julián Barquín, experto en regulación de Endesa, comparte ese análisis: "El cierre total en España se producirá alrededor del año 2030".

Algunos países, como Reino Unido, tienen un calendario de cierre para las suyas; todas se habrán desconectado de la red en 2025. España, sin embargo, no. Y en este asunto va a remolque de lo que dicta Bruselas. "Muchos países están presentando calendarios y planificaciones, pero el ministro [de Energía, Álvaro Nadal] dijo en la Cumbre de Marrakech que este tema se dejará en manos del mercado", recuerda Tatiana Nuño, especialista en carbón de Greenpeace.

##### **Futuro en España**

Para el futuro del sector en España hay dos fechas clave: 1 de enero de 2019 (para las minas) y 1 de julio de 2020 (para las centrales de carbón). La primera —2019— fija el cierre de las minas de carbón que no puedan subsistir sin ayudas públicas, como establece la UE.

La segunda —2020— es la fecha límite hasta la que podrán operar las centrales térmicas sin haber acometido las costosas obras para reducir los contaminantes que expulsan —dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas—, como también establece la normativa europea. Para el CO<sub>2</sub>—responsable del calentamiento global— no se ha encontrado una solución viable, ya que las técnicas de captura y almacenaje (básicamente, enterrar el dióxido de carbono) son demasiado costosas e impopulares. Eso hace que el carbón tenga los años contados, según la mayoría de los analistas.



Alrededor del 15% de la electricidad generada el pasado año en España salió de sus 15 centrales térmicas. A su vez, en 2015, esas 15 instalaciones fueron responsables de más del 15% de todos los gases de efecto invernadero que emitió la economía española.

Las centrales del país están en manos de cinco empresas: Iberdrola, Gas Natural, Hidrocarburo, Viesgo y Endesa (esta última es la que cuenta con más potencia instalada de carbón). EL PAÍS les ha preguntado por sus planes para las térmicas, con la vista puesta en 2020. Y la apuesta clara es por el carbón de importación (el 87% del que se quemó el pasado año se compró fuera), entre otros asuntos, por el cierre progresivo de las minas españolas que funcionaban con ayudas. La producción de carbón nacional ha caído más de un 90% este siglo. En 2000 se extrajeron más de 23,4 millones de toneladas; el pasado año, 1,7 millones, según los datos de la patronal Carbuniión.

Las eléctricas confirman que han realizado o realizarán las obras de desnitrificación en siete instalaciones, con lo que podrán continuar operando después de 2020. A ellas se une la de Alcudia, en Mallorca, que no está sujeta a las mismas obligaciones. Las que tienen segura su continuidad son en su mayoría las costeras, que pueden alimentarse más fácilmente del carbón de Colombia, Rusia, Malasia y Sudáfrica. Iberdrola ya ha invertido en sus dos centrales de internacional, Lada (Asturias) y Velilla (Palencia).

#### **El 40% abocado al cierre**

Sobre el resto —seis centrales que representan el 40% de la potencia térmica de carbón instalada en España— pende la amenaza del cierre porque sus propietarios aún no han realizado las obras. Si se clausuran, supondría reducir un 30% las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector del carbón, tomando 2015 como referencia.

Endesa —que posee más de la mitad de la potencia instalada de carbón del país— continuará con su actividad en As Pontes (A Coruña) y Litoral (Almería), al haber acometido ya las obras. “No se prevén inversiones en carbón nacional por las condiciones del mercado”, señala su plan estratégico para el periodo 2017-2019. Esto se traduce en el cierre en 2020 de Compostilla (León) y Teruel, dos de las más grandes del país. “No hay una decisión tomada aún sobre Narcea y La Robla”, dice por su parte Gas Natural sobre sus centrales de Asturias y León.

Lo mismo responde Viesgo cuando se le interroga por la térmica que posee en Córdoba. Pero esta empresa añade: “Para realizar inversiones en centrales de carbón como la de Puente Nuevo necesitamos un marco favorable que todavía está en discusión”.

Viesgo se refiere a las negociaciones del ministerio con los sindicatos para buscar una fórmula para que las minas de carbón puedan operar más allá de 2019.

“No es lo mismo una central de carbón que una de gas”, indica el subdirector de regulación de Endesa, Eduardo Moreda. “Las de gas pueden funcionar igual con gas de cualquier lugar, pero las de carbón se construyen para un carbón específico y no

pueden quemar otro o, si lo hacen, tienen un menor rendimiento”. Es decir, el futuro de estas centrales está ligado al de las minas. Y al revés. Así lo estuvo también al inicio de las explotaciones mineras, cuando el carbón fue el combustible que alimentó a una Europa que ahora intenta desengancharse para transitar hacia una economía más limpia.

#### ***Devolver las ayudas para seguir operando***

Bruselas ha ido frenando los intentos de España de conceder ayudas al carbón y a su quema en las centrales. No es un asunto que solo preocupe a la Comisión Europea. Organismos como la Agencia Internacional de la Energía, el FMI y la OCDE critican que los países sigan subvencionando los combustibles fósiles pese al daño que causan sobre el medio ambiente.

El Gobierno acordó con Bruselas hace un año un plan de cierre para la minería española no competitiva, que afecta a 26 yacimientos. El Estado podía destinar 2.130 millones de euros para el cierre. Pero las minas que se acogieran tendrían que dejar de funcionar antes del 31 de diciembre de 2018. Si no, las empresas deberían devolver las ayudas recibidas. Además, las que quieran seguir operando deben hacerlo sin subvenciones. ““Las de cielo abierto podrían continuar sin ayudas”, apunta José Pedro Iglesia, director de la patronal Carbuniión. ¿Aunque tengan que devolver las ayudas del plan de cierre? “El acuerdo no define ni la forma ni los plazos. Tenemos que ver qué posibilidades hay”, añade Iglesia. Hacia la misma línea apunta el secretario general del sector minero de UGT, Víctor Fernández, que ya se ha reunido con el Ministerio de Energía. Este jueves hay prevista otra reunión. “Quizás puedan seguir trabajando cinco, diez o 15 años”, dice sobre el futuro en España de la minería, un sector que en 1995 daba empleo a 30.000 personas y en que el ahora apenas hay 2.000.

Fuente:[https://economia.elpais.com/economia/2017/04/15/actualidad/1492271008\\_221017.html](https://economia.elpais.com/economia/2017/04/15/actualidad/1492271008_221017.html)